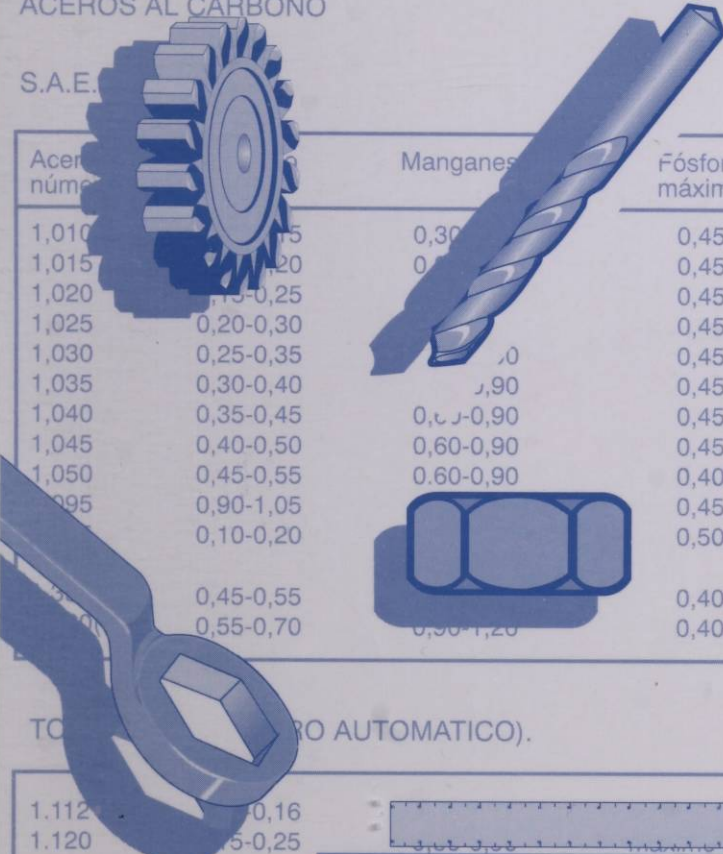


1042

Composiciones Químicas ACEROS AL CARBONO

S.A.E.



Acer núm		Manganes	Fósforo máximo	
1,010	0,15	0,30	0,45	
1,015	0,20	0,30	0,45	
1,020	0,25-0,25	0,30	0,45	
1,025	0,20-0,30	0,30	0,45	
1,030	0,25-0,35	0,30	0,45	
1,035	0,30-0,40	0,30	0,45	
1,040	0,35-0,45	0,30-0,90	0,45	
1,045	0,40-0,50	0,60-0,90	0,45	
1,050	0,45-0,55	0,60-0,90	0,40	
0,95	0,90-1,05		0,45	
	0,10-0,20		0,50	
	0,45-0,55		0,40	
	0,55-0,70	0,50-1,20	0,40	
1,112	0,16			155
1,120	0,25			155

TO (RO AUTOMATICO).

PROCESOS DE PRODUCCION EN METAL 1

D.I. ANTONIO RAMOS CASCALES

58



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD AZCAPOTZALCO

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Departamento de Procesos y Técnicas de Realización

PROCESOS DE PRODUCCION EN METAL 1

ANTONIO RAMOS CASCALES



AZCAPOTZALCO
BIBLIOTECA

2894277

242220



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

División de Ciencias y Artes para el Diseño

AZCAPOTZALCO

Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

Dr. Gustavo A. Chapela Castañares
Rector General

Dr. Enrique Fernández Fassnacht
Secretario General

Uc. Edmundo Jacobo Molina
Rector Unidad Azcapotzalco

Mtro. Adrián de Garay Sánchez
Secretario de Unidad

M.D.I. Emilio Martínez de Velasco
Director División de Ciencias y Artes
para el Diseño

Arq. Rosa Elena Álvarez Martínez
Jefe Depto. Procesos y Técnicas de Realización

D.I. Alberto Cervantes Baqué
Jefe Area de Tecnología y Diseño para la
producción de Objetos



AZCAPOTZALCO
BIBLIOTECA

Coordinación
D.G. Mariana Larrañaga Ramírez

Formación editorial
MetaDiseño S.A. de C.V.

Ilustración de la portada
MetaDiseño S.A. de C.V.

Fotomecánica e Impresión de la portada
Talleres de Diseño CYAD

Impresión Interior
Taller de Impresión y Reproducción CSU

Derechos Reservados
©1993 Universidad Autónoma Metropolitana
División de Ciencias y Artes para el Diseño
Av. San Pablo 180 Col Reynosa
Azcapotzalco C.P. 02200
México 16 D.F. Apdo. Postal 16-307

I. INTRODUCCION.

El tratamiento térmico es un concepto que se aplica en la industria para describir un proceso mediante el cual pueden cambiarse las propiedades físicas de un metal sometiéndolo a la acción de calor. En algunos casos el procedimiento es muy sencillo, pero en otros es bastante complicado y requiere conocimientos científicos y equipo especial.

Hay dos razones principales para someter un acero a tratamiento térmico: una es endurecerlo (templarlo), y la otra es ablandarlo (recocerlo). Antes de proceder a la descripción de cualquier proceso de tratamiento térmico, es conveniente tener un buen conocimiento del material que ha de recibirlo, para algunos, el acero es simplemente un metal duro; sin embargo, para los técnicos e industriales, la palabra acero significa no sólo una clase de material, sino un gran número de clases que pueden todas clasificarse como acero, pero que difieren unas de otras en su composición química y en sus propiedades físicas.

El acero es una aleación de hierro y carbono; además, hay pequeños porcentajes de otros elementos, incluyendo el silicio, el fósforo, el azufre y el manganeso.

A grandes rasgos, los aceros pueden clasificarse en:

- a) Acero al Carbono, y,
- b) Aceros Aleados

a) Un **Acero al Carbono** es aquel cuyas propiedades particulares son debidas principalmente a la presencia de ciertos porcentajes de carbono sin cantidades sustanciales de otros elementos de aleación. Los aceros al carbono pueden clasificarse en tres grupos:

a.1. De *bajo contenido* de carbono: un acero bajo en carbono es un acero que no contiene el carbono suficiente para adquirir temple cuando se calienta hasta una temperatura elevada y se enfría rápidamente en aceite, agua o salmuera. El contenido de carbono en el acero bajo en carbono puede variar desde el 0.05% al 0.20%. Algunos de los aceros bajos en carbono son aceros de máquinas y aceros laminados en frío, los

cuales se identifican como acero SAE 1015 (equivalente al acero UNE F-111). Los artículos típicos que se fabrican con acero bajo en carbono son: tornillos, tuercas, bridas, arandelas, anillos de presión, platinas y otras piezas similares cuyas superficies no están sujetas a un continuo desgaste. Cuando se requiere de una superficie de desgaste dura y un núcleo blando, el acero bajo en carbono puede ser sometido a un temple de cementación mediante un proceso especial.

a.2. De *contenido medio* de carbono: un acero medio en carbono es el que contiene desde un 0.20% a un 0.60% de carbono. Estos aceros se emplean para fabricar una amplia variedad de piezas, incluyendo tuercas, pernos, elementos de fijación, guías, pasadores, cigüeñales, árboles, etc. Se usan también extensamente en la fabricación en serie. Por tratamiento térmico de los aceros medios en carbono puede obtenerse un grado medio de dureza.

a.3. De *alto contenido* de carbono: los aceros altos en carbono son aquellos que normalmente contienen desde alrededor del 0.60% al 1.30% de carbono. El acero de herramientas (SAE 1095 o UNE F-515) es un acero de alto contenido de carbono, el cual puede ser sometido a tratamiento térmico, templado y revenido. El grado de dureza es elevado, ya que se halla entre 52 y 64 Rockwell. Muchas de las herramientas y piezas de trabajo de las máquinas, clavijas de guía, botones de apoyo, pasadores de fijación, matrices, punzones, calibres, casquillos, puntos de centro, etc. (a las que se les exige una alta resistencia al desgaste) se fabrican de acero de herramientas al carbono.

b) Un **Acero Aleado** es aquél en el que se ha añadido algún elemento además del carbono, a fin de mejorar o cambiar las propiedades físicas. Los aceros aleados son aquellos que contienen, además de carbono y hierro, elementos de aleación tales como cromo, vanadio, níquel, molibdeno, tungsteno o manganeso. Estos elementos de aleación confieren algunas características particulares no poseídas por el acero ordinario. Los elementos de aleación pueden aplicarse combinados, a fin de constituir un acero que satisfaga requerimientos específicos. Tales elementos se introducen en los aceros por muchas razones, entre las que cabe citar: asegurar una mayor dureza, una mayor tenacidad o una mayor resistencia; dar al acero la facultad de conservar sus dimensiones y forma durante el temple, y de retener su dureza a temperaturas elevadas. El cromo se añade al acero para incrementar la profundidad

hasta la cual puede ser templado. La cantidad aplicada oscila entre el 0.40 y el 1.5%; en los aceros inoxidable el contenido de cromo es mucho mayor, del 12 al 25%. El vanadio se añade al acero en pequeñas cantidades, del 0.12 al 0.20%; disminuye las tensiones internas, incluso cuando el acero está sometido a temperaturas elevadas. El níquel incrementa la tenacidad y la resistencia del acero, pero no aumenta su capacidad para ser templado. La cantidad añadida varía desde 0.30 a 3.75%, aunque para el acero inoxidable esta cantidad llega a alcanzar el 20%. El molibdeno aumenta considerablemente la profundidad de dureza y confiere tenacidad al acero; también contribuye a que permanezca duro a temperaturas elevadas. Se añade en pequeñas cantidades, desde el 0.10 al 2.00%. El tungsteno se utiliza en el acero de herramientas para obtener una aleación de grano fino que tiende a conservar afilada la arista cortante de las herramientas. La cantidad aplicada es del 0.50 al 1.50 %, pero, para acero rápido, se añade del 6 al 18% de tungsteno. El acero rápido se emplea para cuchillas de alto grado de dureza, fresas, brocas, escariadores, herramientas de brochar, y muchos otros útiles que necesitan mantenerse afilados bajo condiciones que estropearían el filo de herramientas fabricadas con acero de herramientas ordinario. El manganeso se halla presente en casi todos los aceros. Contrarresta los efectos perniciosos del azufre, conociéndose bien sus propiedades desoxidantes y desulfurantes; para este propósito la cantidad de manganeso en el acero raramente excede del 1%. El acero al manganeso contiene del 12 al 14% de manganeso y el 1% de carbono es un metal que es difícil de mecanizar porque cuanto más se trabaja, mayor dureza adquiere.

II. ALGUNAS DE LAS OPERACIONES INVOLUCRADAS EN EL TRATAMIENTO TERMICO DEL ACERO SON:

1. Normalizado
2. Recocido
3. Temple
4. Revenido o eliminación de tensiones
5. Cianurado
6. Cimentado y nitrurado

1. **Proceso de Normalizado:** Este es un calentamiento uniforme del acero por encima de las temperaturas usuales de temple, seguido de un enfriamiento natural en el aire. Este tratamiento se emplea para devolver al acero sus condiciones normales, después del forjado o de un tratamiento térmico inadecuado.

2. **Proceso de Recocido:** Se lleva a cabo calentando el acero lentamente por encima de la temperatura de temple usual, manteniendo esta temperatura durante 1/2 a 2 horas, y luego enfriando lentamente, de preferencia a un horno. Esta operación sirve para ablandar una pieza que resulta demasiado dura para mecanizar o que puede requerir el mecanizado después de haber sido templada. El recocido también se realiza para eliminar las tensiones internas de una pieza de acero, que puedan haberse originado al mecanizarla prolongadamente.

3. **Proceso de Temple:** Es la operación de enfriar rápidamente una pieza calentada, sumergiéndola en agua, salmuera o aceite. El temple abarca las operaciones de calentar y enfriar. En caldeo significa elevar la temperatura del acero hasta el punto deseado por encima de la zona

crítica, a fin de obtener en el metal, la estructura de grano en el estado adecuado para templear. El enfriamiento, o temple propiamente dicho, se lleva a cabo introduciendo el acero en algún medio como agua, salmuera, solución cáustica o aceite, al objeto de preservar la estructura obtenida al calentar. El medio de enfriamiento rápido debe tener una temperatura uniforme.

4. Proceso de Revenido: Conocido también como eliminación de tensiones (reducción del temple o dureza del acero), es un proceso por el cual se sacrifica un cierto grado de dureza con el fin de reducir la fragilidad e incrementar la tenacidad de una herramienta de acero. El revenido puede efectuarse de distintas maneras. Un proceso consiste en recalentar las herramientas a una temperatura baja que oscila entre 300 y 1300°F (150 y 700°C), enfriándola luego. Cuanto más baja es la temperatura de revenido, más dura queda la pieza; cuanto más elevada es dicha temperatura, más blanda resulta la pieza. El método aplicado para efectuar el revenido de un acero a tratar, de sus medidas, su forma y de la aplicación que debe dársele.

Existen muchos métodos, algunos De ellos altamente especializados. Entre los más comunes cabe citar:

4.1. Salmuera o baño de sales. Temperatura de 300 a 1200°F (150 a 650 °C), según el tipo de sal empleado. Hay diferentes sales para diferentes finalidades; el baño debe de ser limpio y exento de grasa.

4.2. Baño de aceite. Temperatura desde 300 hasta 400°F (150 a 200°C), aunque, con aceites especiales pueden alcanzarse temperaturas más elevadas. El aceite de lubricación no es adecuado para el revenido. Los mejores resultados se obtienen cuando el aceite circula y pasa a través de un agente refrigerador.

4.3. Baño de plomo. Temperatura de 700 a 1200°F (370 a 650°C). La aleación particular a revenir determinará la temperatura más efectiva del baño.

4.4. Baño de agua. El agua debe de estar limpia exenta de grasa o jabón. La forma de la pieza y el tipo de aleación determinarán la temperatura más efectiva del agua.

4.5. *Horno de mufla.* Una pieza puede ser revenida en un horno de mufla siempre que sea posible regular adecuadamente el chorro de aire.

Para poder templar y revenir una herramienta con un sólo caldeo, se procede de la siguiente manera. El extremo cortante de la herramienta se calienta hasta aproximadamente 1 1/2" (unos 38 mm) a partir del filo, luego, éste, es enfriado rápidamente en una extensión de 1/2" a 3/4" (12.5 a 20 mm). La herramienta debe ser movida hacia arriba y hacia abajo, y formando grandes circunferencias, mientras se halla en contacto con el agua fría, después se saca del baño de temple reteniendo todavía el calor la parte que no fue sumergida. El operario que efectúa el tratamiento vigila la variación de colores en el filo, y cuando el color que representa la dureza deseada se hace visible en él, procede inmediatamente al temple de la herramienta. Este método se usa a menudo en el taller para templar y revenir las herramientas de corte (por ejemplo, cortatríos, cuchillos de forma especial, punzones, etc.). El color del acero mientras se enfría representa la temperatura y el grado de dureza.

Colores de Revenido	Temperatura	Herramientas
Amarillo pálido	375 a 400°F (190 a 205°C)	Punzones, rasquetas Puntos de Centro
Paja claro	430°F (220°C)	Martillos, cuchillas para máquinas
Paja medio	460°C (240°C)	Matrices, brocas, desatornilladores
Paja oscuro	490°F (255°C)	Cinceles, punzones de centrar
Púrpura claro	520°F (270°C)	Hachas Agujas

La producción moderna exige que las piezas de máquinas y las herramientas sean templadas en lotes. Cuando se efectúa el revenido de más de una herramienta, es más práctico recalentar las piezas o herramientas dentro de un baño de aceite o nitrato, en un horno de cuba

controlado con pirómetro. Este tipo de horno es adecuado especialmente para operaciones de tratamiento térmico que requieren un medio líquido de caldeo. El recalentamiento para fines de revenido puede también realizarse en un horno del tipo de caja calentado eléctricamente, el cual va revestido de refractario para resistir una temperatura de 1250°F (675°C). El horno se caldea por medio de una circulación forzada de grandes volúmenes de aire adecuadamente calentado, el cual, de un modo constante, va pasando un circuito cerrado por la cámara de pieza bajo presión. Las herramientas de acero rápido son revenidas recalentándolas a temperaturas mucho más elevadas que las especificadas para el acero de herramientas ordinario; estas temperaturas varían desde 1000 a 1200° (540 a 650°C).

5. Proceso de Cianurado: Los aceros bajos en carbono no se endurecen cuando se calientan por encima de sus puntos críticos y se enfrían rápidamente. Sin embargo, la superficie del acero puede endurecerse por cianurado, operación que se efectúa sumergiendo la pieza de acero en un baño de cianuro sódico fundido y manteniéndola sumergida por espacio de 5 a 30 minutos, según el tamaño de la misma y la profundidad de penetración deseada; luego se temple en agua, salmuera o aceite, formándose una capa superficial muy dura de 0,010" a 0,015" (0,25 a 0,38 mm) de espesor. Este proceso se llama también temple de cementación.

No se acostumbra a rectificar una pieza de acero bajo en carbono que ha sido templada de cementación por cianurado porque la capa endurecida del acero tiene como máximo alrededor, de 0,4 mm. de espesor y este espesor es corrientemente arrancado durante la operación de rectificado.

6. Proceso de Cementación: La cementación es otro método de producir una capa dura en una pieza de acero. Esta se introduce en una caja metálica que contiene una mezcla de huesos, cuero, carbón vegetal y otros materiales cementantes o de carburación. Se cierra herméticamente la caja con arcilla y se coloca en un horno donde se mantiene a la temperatura de 1700°F (927°C) durante algunas horas. La profundidad de penetración del carbono en el acero depende del tiempo de permanencia de la pieza en el horno. Una vez el acero sacado del horno y enfriado a la temperatura ambiente, puede normalizarse recalentándolo hasta de 1560 a 1650°F (850 a 900°C) y enfriándolo en aire. Luego puede templarse introduciéndolo en un horno o cuba de

plomo, calentándolo a la temperatura requerida y enfriándolo rápidamente del mismo modo que los otros aceros al carbono, pero sólo la parte que absorbió carbono adquirirá dureza; la parte interior que no absorbió carbono, permanecerá blanda. El acero cementado se recomienda para piezas que requieren una superficie dura y un núcleo tenaz. La capa dura puede obtenerse con la profundidad suficiente para que el rectificado sea posible sin arrancar la totalidad de la superficie endurecida. Un ejemplo de ello se tiene en el muñón de un motor de automóvil; debe tener una superficie dura para resistir el desgaste y un núcleo tenaz para absorber las sacudidas que su uso comporta. Muchas piezas construidas en el taller de utilaje requieren esta forma de tratamiento térmico. La cementación puede aplicarse también a piezas especiales que exigen un endurecimiento parcial, como es el caso de la tuerca en la que debe ser dura la superficie correspondiente al diámetro exterior debiendo mantenerse blanda la parte de los filetes. La sucesión de operaciones es como sigue: Se acaba el diámetro exterior y el espesor de la tuerca a la medida requerida, dejando a cada lado una platina de diámetro 1/8" (3 mm.) mayor que el exterior de la rosca y de 1/8" (3 mm) de grueso. Se mandrina el agujero para la rosca dejándolo a un diámetro 1/4" (6 mm) menor que el menor diámetro de la misma. Se fresan las ranuras. Se cementa la tuerca. Una vez cementada, se mandrina el agujero a un diámetro 1/16" (1.5 mm) menor que el requerido y se refrentan las platinas. Se efectúa el tratamiento térmico hasta obtener la dureza necesaria. Enseguida se talla la rosca. Puesto que el carbono no ha penetrado en la parte del acero donde deben tallarse los filetes, el tratamiento térmico no la ha endurecido.

7. Proceso de Nitruración: Es un método para producir una superficie extremadamente dura en una pieza de acero. El proceso consiste en exponer el acero a la acción del gas amoníaco caliente durante algunas horas. El amoníaco se descompone en nitrógeno debido al calor, y el nitrógeno reacciona con el acero para formar una capa nitrurada alrededor del mismo.

Punto crítico cuando se caldea el acero.

El punto crítico, o temperatura crítica, es la temperatura a la cual tienen lugar algunos cambios definidos en las propiedades físicas del acero. Este punto es importante porque, al tratar térmicamente una pieza de acero, debe calentarse hasta una temperatura que rebase precisamente su punto crítico particular. El punto crítico varía de acuerdo con el tipo de

acero a tratar; por ejemplo, el acero de herramientas y el acero rápido deben calentarse hasta 1400°F (760°C) pero sin rebasar los 1450°F (790°C), mientras que el acero de matrices se calienta hasta una temperatura comprendida entre 1550 y 1600°F (845 y 870°C).

Regulación de la temperatura exacta de un horno.

El calor de un horno puede regularse o controlarse mediante un pirómetro. Hasta no hace muchos años, el operario que efectuaba el tratamiento térmico del acero acostumbraba a vigilar el color de la pieza en el horno para determinar la temperatura; con este proceso intervenía bastante el azar, y la Oficina de Normas de los Estados Unidos demostró taxativamente que a temperaturas de 2000°F (1100°C), los antiguos operarios que confiaban en sus ojos, se equivocaban en hasta 200°F (80°C) al juzgar respecto la temperatura del horno. En la actualidad, los instrumentos científicos tales como el pirómetro son de uso común para el control adecuado y preciso de la temperatura del horno.

III. TIPOS PRINCIPALES DE HORNOS UTILIZADOS EN EL TRATAMIENTO TERMICO DE LOS METALES.

Los hornos más comúnmente usados son los de gas, de aceite y eléctricos. En estos hornos, el calor puede controlarse fácilmente, lo que es un factor importante. Algunos aceros se caldean en hornos abiertos, mientras que otros se calientan en hornos de cuba. Si la cuba contiene plomo fundido, se llama pote de plomo, pero si contiene cianuro fundido, se llama pote de cianuro. El horno de cuba puede emplearse también para estañar, para fundir metales de bajo punto de fusión y para otros menesteres referentes al caldeo. Las herramientas tales como matrices y punzones, los resortes y otras piezas pequeñas pueden templarse uniformemente en este tipo de horno sin peligro de oxidación del acero. El pote de plomo se adapta especialmente para trabajos donde sólo una porción de la herramienta debe endurecerse; entonces sólo se sumerge la parte de la herramienta que debe templarse. El horno de cuba es rápido, conveniente y satisfactorio.

El horno de tratamiento térmico automático se calienta mediante tubos calefactores radiantes y está diseñado tanto para elementos quemadores de gas como para elementos de calefacción eléctricos. Este horno funciona a temperaturas de hasta 2000°F (1100°C) y es completamente automático a través de todo el proceso, desde el caldeo de las piezas hasta el enfriamiento rápido o temple en aceite; va cerrado herméticamente para permitir el control atmosférico absolutamente durante el ciclo entero caldeo-temple, asegurando la obtención de una pieza brillante y libre de escama en todos los tipos de procesos, de tratamiento térmico tales como temple, cementación, nitruración y normalizado. La pieza se carga directamente en la zona de caldeo, y después de calentarse durante el tiempo adecuado, la cubeta con la pieza es trasladada automáticamente a la zona de temple donde tiene lugar el enfriamiento atmosférico, o bien, es introducida en un baño de aceite para el temple, según se haya prefijado en el cuadro de control del ciclo. Tan pronto como las piezas han pasado a una u otra zona de temple, puede cargarse de nuevo la zona de caldeo. Durante todo el ciclo de operación el horno recibe una atmósfera protectora. Después de permanecer durante un tiempo suficiente a la temperatura requerida, la carga es enfriada en el horno hasta alcanzar los 400°F (200°C) aproximadamente, entonces, la pieza brillante y exenta de escama se deja enfriar lo suficiente para poder sacarla del horno sin peligro de oxidación. Este tipo de horno también produce una capa controlada de óxido la cual es a menudo deseable para reducir la corrosión o el desgaste, y para proporcionar un atractivo aspecto azul-negro o azul-gris. El carbón vegetal se mantiene encima del plomo fundido en el pote de plomo para quemar el oxígeno del aire, o sea, para evitar la oxidación y conservar limpia la pieza. Esto evita la falta de dureza de la capa o superficie exterior y ayuda a eliminar la escama del acero.

Un procedimiento para templar una parte de una pieza sin endurecer la totalidad de la misma, consiste en cubrir una parte de la pieza con arcilla, la cual aísla el material cubierto del calor total del horno. Otro método, cuando la forma de la pieza lo permite, estriba en calentarla en un pote de plomo o de cianuro, sumergiendo sólo la parte que se desea endurecer. Un tercer sistema consiste en calentar la parte a endurecer con la llama del soplete oxiacetilénico, la cual puede dirigirse sobre la parte deseada sin que el resto se caliente lo suficiente para afectarla.

El proceso de templar el acero de esta última forma se conoce con el nombre de **temple a la llama**; en los últimos años se ha desarrollado muy extensamente, hasta el punto de que se han diseñado máquinas especiales para llevarlo a cabo. Las temperaturas de caldeo y de temple se mantienen y controlan mediante un equipo eléctrico con una precisión de -3°C . Otro tipo de máquina que se emplea para templar las guías de los tornos aplicándose una llama separada con toberas múltiples para cada lado de la bancada del torno.

Las principales ventajas del Temple a la Llama son:

1. Debido a que el calentamiento es rápido, el caldeo a la llama es conveniente cuando se requiere endurecer sólo hasta una profundidad limitada en el material, conservando el resto su tenacidad y ductilidad originales.
2. El temple a la llama hace posible y práctico el endurecimiento parcial o total de una pieza que es demasiado larga u ofrece inconvenientes para colocarla en el horno.
3. El tiempo requerido para calentar es menor con el temple a la llama que con el horno, y no es necesario esperar hasta que el horno esté disponible.

IV. DIFERENTES TIPOS DE ACERO.

En los Estados Unidos, las normas para la identificación de los aceros al carbono y aleados han sido editadas por dos autoridades reconocidas:

1. La **SAE** (Sociedad de Ingenieros de Automoción) y la **AISI** (Instituto Americano del Hierro y del Acero). Ambos sistemas son similares; la SAE utiliza números para identificar los tipos de acero y su composición, comprendiendo cada número cuatro, y, a veces, cinco dígitos. La primera cifra de la izquierda indica el grupo general; la segunda indica el porcentaje aproximado del principal elemento de aleación (que no sea el carbono), y las dos o tres últimas cifras dan la cantidad aproximada de

carbono, en puntos, equivaliendo un punto a un 0.01%. Los grupos generales representados por el primer dígito son:

- a) Acero al carbono
- b) Acero al níquel
- c) Acero al cromo-níquel
- d) Acero al molibdeno
- e) Acero al cromo
- f) Acero al cromo-vanadio
- g) Acero al tungsteno
- h) Acero al silicio

He aquí algunos ejemplos de este sistema de numeración:

El acero tipo SAE 1020 es un acero al carbono que contiene 0.20% de C; el acero tipo SAE 2317 es un acero aleado al níquel que contiene el 3% de níquel y el 0.17% de C; el acero tipo SAE 5130 es un acero aleado al cromo que contiene el 1% de cromo y el 0.30% de C.

2. En España las normas *UNE* distinguen los aceros al carbono comunes de los aceros al carbono finos. Los aceros comunes pertenecen a la serie 6 y se clasifican en los tres grupos siguientes:

Grupo 1	Aceros comunes Bessemer
Grupo 2	Aceros comunes Siemens
Grupo 3 (o 4)	Aceros comunes para usos particulares

Para designar estos aceros se utiliza la letra F seguida de un número de tres cifras; la primera cifra indica la serie, la segunda el grupo y la tercera el tipo de acero dentro de cada grupo. El tipo de acero viene determinado

por el porcentaje de carbono que contiene; se especifican 7 tipos numerados de 1 a 7 para los grupos 1 y 2, de modo que el número 1 tiene 0.1% de C, el número 2 tiene 0.2% de C, y así sucesivamente, para el grupo 3, los tipos son ocho (1 a 8), y para el grupo 4, hay dos tipos (el 1 y el 2), pero en este caso no existe relación exacta entre el número de tipo y el contenido de carbono, sino que aquel más bien distingue el uso o estado particular del acero; por ejemplo, el acero F-637 es un acero al carbono para muelles cuyo contenido de C puede oscilar entre el 0.45 y el 0.55% y el acero F-642 es un acero austenítico al manganeso cuyo contenido de C es 0.80- 1.20% con un 12-14% de Mn.

Por lo que respecta a los aceros finos se especifican tres series: Serie 1, aceros de construcción general; Serie 2, aceros para usos especiales; Serie 3, aceros resistentes a la oxidación y a la corrosión.

La Serie 1 comprende los grupos siguientes:

1. Aceros finos al carbono
2. Aceros aleados de gran resistencia
3. Aceros aleados de gran resistencia
4. Aceros aleados de gran elasticidad
5. y 6. Aceros de cementación
7. Aceros de nitruración

La Serie 2 comprende los grupos:

1. Aceros de fácil mecanización
2. Aceros de fácil soldura
3. Aceros de propiedades magnéticas
4. Aceros de dilatación térmica específica
5. Aceros resistentes a la fluencia

Y la Serie 3 comprende los grupos:

1. Aceros inoxidables
2. y 3. Aceros resistentes al calor

En estos aceros finos, las series definen agrupaciones con vistas a su aplicación; los grupos definen más estrechamente las propiedades de utilización. Cada uno de los grupos consta de los tipos que especifican cada acero. Por tanto, la clasificación general de los aceros finos implica

el uso de la letra F seguida también de un número de tres cifras para indicar serie, grupo, y tipo; por ejemplo el acero número 2 de construcción general, de cementación, se designa Acero F-152. Los aceros finos al carbono comprenden cinco tipos que son: F-111, acero extrasuave; F-112, acero suave, F-113, acero semisuave; F-114, acero semiduro; F- 115, acero duro.

Los aceros aleados de gran resistencia comprenden diez tipos desde el F-121 al F-129 y además el F-131. Los aceros de fácil mecanización comprenden dos tipos, el F-211 y el F-212 los de buena soldabilidad, cuatro tipos, que son los de F-221 a F-224; los de propiedades magnéticas, cuatro tipos de, F-231 a F-234; los de dilatación térmica específica, dos tipos, que son los F- específica 241 y F-242; de aceros resistentes a la afluencia sólo se especifica el tipo F-251; y los aceros resistentes al calor comprenden los tres tipos F-321, F-322 y F-331.

En lo que atañe a aceros inoxidable, la norma UNE especifica los tipos siguientes: F-311, aceros inoxidables extrasuaves; F-312, aceros inoxidables al cromo; F-313, aceros inoxidables al cromo níquel (18-8) y F-315, aceros inoxidables al cromo - manganeso.

Los aceros para herramientas corresponden a la Serie 5 y se clasifican en los tres grupos siguientes: 1 aceros al carbono para herramientas; 5, aceros rápidos; 2,3 y 4 aceros aleados para herramientas. El grupo 1 comprende siete tipos, del F-511 al F- 517; el grupo 2, nueve tipos, del F-521 al F-529; el grupo 3 cinco tipos del F-531 al F-535; para el grupo 4 no se especifica tipo alguno; y para el grupo 5 hay 4 tipos, del F-551 al F-554, siendo los dos últimos extra-rápidos. No todos los fabricantes utilizan el sistema normal de identificación de los diferentes grados de acero. En muchos países existen compañías que han desarrollado sistemas propios a base de letras o números.

3. La *AISI* utiliza una letra precediendo al número. Esta letra indica el proceso según el cual se fabrica el acero. El número se lee del mismo modo que en el sistema SAE. Los aceros fabricados según procesos diferentes pueden tener diferencias ligeras, pero importantes, en sus propiedades. Las letras del sistema AISI tienen el siguiente significado:

- A. Aceros aleados obtenidos en hogar abierto
- B. Acero al carbono: Bessemer
- C. Acero al carbono obtenido en hogar abierto básico

- D. Acero al carbono obtenido en hogar abierto ácido
- E. Acero obtenido en horno eléctrico

Por ejemplo AISI C 1095 designa un acero al carbono obtenido en hogar abierto básico, que tiene aproximadamente un 0.95% de carbono.

4. Código de colores para el pintado de los aceros.

Los extremos de las barras de acero se pintan a veces en varios colores y combinaciones de colores como medio de identificación de los diferentes grados del acero. Las barras de acero al carbono se pintan con un color sólido para identificar el contenido de carbono. Por ejemplo, el acero SAE 1010 (equivalente al UNE F-621) se pinta de amarillo; el SAE 1020 (equivalente al UNE F-622), de azul oscuro; y el SAE 1040 (equivalente al UNE F-624), de rojo oscuro.

Las barras de acero aleado se pintan con un color sólido, pero tienen también una franja de otro color para identificar el contenido de carbono, ya que el color sólido identifica la aleación. Por ejemplo, el acero SAE 2320 (que es un acero al níquel similar al UNE F-121) se pinta de rojo sólido para denotar que contiene níquel, con una franja azul que identifica el porcentaje de carbono; el SAE 2340 (que es un acero al níquel de gran resistencia) se pinta de rojo con una franja blanca. Los aceros al cromo-níquel se pintan de blanco; los aceros al molibdeno, de verde; y los aceros al cromo-vanadio de azul oscuro.

A pesar de lo que acaba de indicarse, conviene tener en cuenta que el código de colores para identificar las barras suelen variar de un país a otro, e incluso, dentro de un mismo país, pueden existir normas particulares confeccionadas por los distintos fabricantes, y también por los propios consumidores.

5. Método de las Chispas.

Los aceros que no se han marcado pueden identificarse, dentro de ciertos límites, por el tipo de chispas que producen cuando se mantienen en contacto con una muela que gira; este método recibe el nombre de prueba por las chispas de esmerilado. Cuando se comprueba una pieza de acero de este modo, debe aplicarse solo la presión suficiente para preservar un contacto firme entre la pieza y la muela; para ésta la

velocidad satisfactoria es de unos 8000 pies (2440 m.) tangenciales por minuto. El tipo de chispas que da una pieza de acero templado es prácticamente el mismo que da una pieza del mismo grado de acero que no ha sido templada. Las chispas se ven con mayor facilidad con luz de día difusa.

En general, la presencia de varios elementos en el acero tienen los siguientes efectos en las chispas: el carbono produce chispas en forma de rayos con núcleos radiantes hacia los extremos; el manganeso tiende a producir chispas brillantes y propaga el desprendimiento de las mismas alrededor de la periferia de la muela; el cromo oscurece el color de las chispas, suprime las haces y núcleos, y da ramificaciones con rayas finas, el níquel suprime ligeramente los haces y da arborescencias; el tungsteno suprime los haces y núcleos y produce rayos finos de color rojo; el molibdeno produce ramificaciones en los extremos de los rayos. La prueba de las chispas no analiza una pieza de acero sino que simplemente sirve de guía para su identificación.

V. DUREZA DE LOS ACEROS.

Los aceros se someten a ensayo para obtener pruebas relativas a si son o no adecuadas para trabajos específicos. Son muchas las características que deben ensayarse, tales como tracción, resistencia, compresión, flexión, cortadura, impacto y dureza.

Un ensayo de dureza puede indicar si un metal es adecuado para un trabajo específico, así como poner de relieve su resistencia al desgaste y a la abrasión.

Revelará el efecto del tratamiento térmico al cual ha sido sometido el metal:

1. Prueba de lima.

Los ensayos científicos, los cuales se sirven de las máquinas de dureza:

2. Brinell

3. Rockwell

4. Shore Escleroscópica

asimismo se utiliza la prueba de dureza:

5. Vickers

1. Prueba de dureza con la lima: Es un método de determinación de la dureza de una pieza a base de intentar efectuar cortes en ella con el canto de una lima. La dureza se conoce por la profundidad de la raya o del corte que la lima produce. Este es el método más antiguo y más sencillo de comprobar la dureza; a pesar de que no proporciona resultados muy definidos - una lima nueva corta mejor que una lima vieja-, permite apreciar bastante bien durezas que se extienden desde el grado casi blando al grado que corresponde a la dureza del vidrio; su principal inconveniente estriba en que no es posible mantener un registro preciso de los resultados.

2. Sistema Brinell: En éste, la dureza del material ensayado viene indicada por un número determinado por la resistencia que el material ofrece a la penetración de una bola de acero sometida a presión; el diámetro normal de la bola es de 10 ± 0.01 mm. Para verificar la dureza del material, se aplica una carga conocida sobre la probeta, a través de una bola de acero templado o de carburo de tungsteno de diámetro conocido, durante un tiempo dado. Se mide el diámetro de la huella o impronta que queda permanentemente marcada en la probeta, y se convierte a un número de dureza Brinell mediante el uso de unas tablas normales.

Hay tres tipos de uso de máquinas para el ensayo de la dureza Brinell: la hidráulica, la de carga con palanca de peso muerto y la neumática.

Para asegurar la medición exacta del diámetro de la huella se emplea generalmente un microscopio diseñado para este objeto. El espesor del material que se ensaya no debe ser menor que 10 veces la profundidad de la impronta. La prueba Brinell es de mayor utilidad en el ensayo de piezas grandes con dureza baja o media.

3. Sistema Rockwell: En este, se comprime sobre la superficie a probar, un cono de 120° de diamante si se trata de metales duros, o una bola de acero de $1/6''$ de diámetro, si se trata de metales blandos o dulces; la impresión se hace mediante la acción de un peso muerto a través de una serie de palancas, midiéndose la profundidad de penetración. Cuanto más blanda sea la pieza, más profunda será la huella bajo una carga dada. El promedio de profundidad de penetración en el acero más dulce

es de 0.008" (0.02 mm), aproximadamente. La dureza viene indicada en una esfera graduada según las escalas de dureza Rockwell B y C. Cuanto más dura es la pieza, más alto es el número de dureza Rockwell. Por ejemplo, un acero, para ser mecanizable, debe dar una lectura de más de 35 en la escala Rockwell C, mientras que una fresa de acero rápido templado debe dar una lectura de 63 a 65. Cuando se ensayan aceros duros, debe utilizarse la punta de diamante y leerse el número de dureza en la escala C; para metales no férricos debe emplearse la bola de acero y leerse el número de dureza en la escala B.

Hay varios modelos de máquinas para ensayos de dureza Rockwell, siendo cada uno de ellos apropiado para un trabajo especificado. Existen varios tipos de máquinas Rockwell como:

1. *La máquina de ensayos de dureza superficial*, introducida en 1930 para comprobar chapa delgada de acero y piezas nituradas o cementadas; utiliza cargas ligeras y un sistema más sensible para medir la profundidad de huellas poco marcadas.

2. *La máquina normal para determinar la dureza Rockwell*, la cual desde 1921 se utiliza para medir la dureza de los metales y aleaciones, duros o blandos, cualquiera que sea su forma.

3. *La máquina Tukon para ensayos de microdureza*, introducida en 1941 para comprobar las plaquitas de las herramientas de corte, resortes de reloj y pivotes de instrumentos. Es posible efectuar la medición rápida de la huella por lectura directa en micrones con un directorio.

La esfera del dispositivo de puesta a cero para ensayos rápidos permite ahorrar tiempo a base de aplicar un corto método de obtención de la lectura final en la esfera. Este método no se usa cuando la precisión es importante.

4. Sistema Escleroscópico Shore: En esta prueba, la pieza a ensayar se coloca en el soporte de fijación de la máquina, y se hace girar el volante grande existente en el lado izquierdo del mismo para poner el manguito de guía del instrumento firmemente en contacto con la pieza de prueba. Mientras se mantiene la presión en el volante, el martillo de diamante, que se halla situado en el extremo superior del tubo de vidrio, se deja caer desde su posición elevada comprimiendo la ampolla de caucho. La altura hasta la cual el martillo rebota en su primer golpe indica la dureza de la probeta. Luego se sube el martillo para preparar el ensayo

siguiente, comprimiendo y descomprimiendo otra vez la ampolla. El operador debe dirigir su vista hacia el punto situado varias divisiones por debajo de la zona general del primer rebote y efectuar dos o tres ensayos más; más que la parte inferior del martillo, debe observarse su parte superior. El promedio de varios ensayos es la dureza correcta de la pieza. Los ensayos no deben efectuarse más de una vez sobre el mismo punto, ya que el impacto del martillo de diamante calienta tal punto, lo que motiva que las sucesivas pruebas sobre el mismo sean mayores.

Al comprobar piezas pequeñas, de una altura de hasta 3" (75 mm.), el instrumento se monta, sobre el soporte de fijación. También puede montarse sobre un brazo giratorio con su soporte para comprobar piezas grandes y abultadas. Los objetos muy pesados y las estructuras que no pueden moverse convenientemente, pueden ensayarse sujetando el escleroscopio con la mano libre.

Un escleroscopio provisto de indicador de esfera funciona según el mismo principio general que los otros, pero, mediante un dispositivo ingenioso de bola y cono hueco, el grado de dureza queda registrado en la esfera, cuya aguja permanece inmóvil hasta que se da vuelta al volante para otra prueba. Puede utilizarse sujetándolo con la mano libre o montado en un brazo con giratorio, del mismo modo que el escleroscopio corriente.

5. Sistema Vickers: En este sistema, para todos los materiales, cualquiera que sea su dureza, se emplea como cuerpo de prueba, una pirámide de diamante de 136° de ángulo de abertura, la cual se comprime con una carga dada sobre el material que se ensaya.

La dureza es la relación entre la carga de prueba y la superficie de la huella, la cual se determina por la medición de sus diagonales. La dureza Vickers coincide con la Brinell hasta el número 250. La prueba de dureza Vickers permite, aumentando la finura de la superficie, disminuir la carga hasta valores muy reducidos y se puede, con instrumentos adecuados, comprobar la dureza de capas muy delgadas y componentes de la estructura del material.

Para evitarse las roturas en el tratamiento térmico en los casos de un artículo con aristas agudas o de uno que tenga adyacentes secciones gruesas y delgadas. Las roturas pueden evitarse aplicando arcilla refractaria a las partes delgadas, a fin de que el caldeo sea uniforme.

El tiempo que debe dejarse en el horno una pieza de acero cuando se calienta según la regla práctica consiste en mantener o "normalizar" la pieza en el horno durante una hora por cada pulgada cuadrada (por cada 6.5 cm^2) de superficie de la sección transversal. El acero debe calentarse el tiempo suficiente para asegurar un caldeo bueno y uniforme en todas las partes de la pieza.

El alabeo de una pieza larga y delgada puede evitarse sujetándola verticalmente por encima del baño de temple y sumergiéndola en él sin inclinarla. Desde luego, una pieza alabeada puede enderezarse bajo presión sometiéndola a la acción de una prensa de enderezar después de caldeada con un soplete oxiacetilénico. La pieza se sujeta entre puntos y se mueve hacia atrás o hacia delante para situar la parte deformada debajo de la unidad de presión; después de cada ajuste, se comprueba la precisión de la pieza mediante un calibre con indicador de esfera.

VI. LOS PRINCIPALES PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA DE LAS PIEZAS TRATADAS TERMICAMENTE SON:

1. Con bruzas de alambre y las raquetas son de utilidad cuando las piezas han de limpiarse sólo de vez en cuando, pero con el chorro de arena puede efectuarse un trabajo más eficiente. El chorreado con arena se lleva a cabo en un local especialmente dispuesto para ello. El operario debe ir eficazmente protegido para ello, con guantes del tipo de manopla y una capucha con suministro de aire.
2. Otro tipo de limpiador de metales lo constituye el soplador de chorro húmedo. Esta máquina utiliza un abrasivo líquido que al operar lo dirige hacia la superficie a limpiar.
3. Los metales pueden limpiarse también con una máquina que no utiliza aire ni líquido, en la cual unos abrasivos en forma de perdigones o granalla de varios grados, son lanzados violentamente sobre la pieza. Un impulsor centrífugo es capaz de lanzar 300 libras (136 Kg) de abrasivo

por minuto. Este tipo de limpiador es considerado como el más eficaz en talleres donde hay que limpiar diariamente una gran cantidad de piezas.

4. El impulsor centrífugo puede también usarse en una máquina de tambor, la cual es preferida para limpieza rápida de piezas fundidas y similares que pueden resistir la rodadura dentro de un tambor.

5. Las piezas metálicas se limpian también con bruzas de alambres montadas en una máquina afiladora para uso general o sujetadas en una taladradora eléctrica.

VII. LAS REGLAS DE SEGURIDAD MAS IMPORTANTES QUE DEBEN OBSERVARSE EN UN TRATAMIENTO TERMICO, SON:

1. Hay que llevar puestas las gafas de seguridad cuando se trabajaba con baños de plomo cianuro o nitrato.

2. El cianuro es un veneno mortal. No hay que dejar nada a su alrededor. Conservarlo encerrado bajo llave. No respirar sus humos. El área debe estar ventilada y provista de un buen aspirador.

3. No hay que poner nada húmedo o mojado en un baño de caldeo, pues puede producirse una explosión.

4. Las tenazas calientes no deben dejarse donde alguien pueda quemarse con ellas.

5. No coger nunca una pieza con las manos desnudas si no se tiene la seguridad de que no está caliente.

6. No hay que llevar guantes de manopla cuando se chorrea con arena o en húmedo.

A continuación, se relacionan algunas muestras de tratamientos térmicos típicos para varios aceros:

Recocido comercial:

1. Calentar hasta 1500-1550°F (815-845°C)
2. Enfriar en mica
3. Para eliminar la escama, empacar en carbón de leña.

Normalizado comercial:

1. Calentar hasta 1425°F (775°C)
2. Enfriar en aire.

Cianurado del acero bajo en carbono:

1. Calentar en cianuro hasta 1500-1560°F (815-850°C). Normalizar durante 10 minutos.
2. Templar en salmuera; las piezas pequeñas, en aceite.
3. Comprobar la dureza con una lima, apto para una superficie dura no sujeta a un desgaste continuo.

No rectificar.

Apropiado para bridas, soportes de calibres, gruesos de apoyo, guías de almacén, tornillos, tuercas y arandelas.

Cementado del acero bajo en carbono:

1. Cementar a 1700°F (925°C).

2. Enfriar en la caja de cementación.
3. Recalentar a 1650°F (900°C).
4. Enfriar en aire.
5. Recalentar a 1425°F (775°C).
6. Templar en salmuera.
7. Estabilizar en aceite a 350-375°F (175-190°C).
8. Se requiere una dureza Rockwell C 62-64

Debido a que el núcleo queda blando, este método debe utilizarse para piezas cuyo enderezado ofrece dificultades. Es un tratamiento térmico que puede usarse también para el temple selectivo cuando es necesario mecanizar después de endurecer, en este caso:

- A. Dejar material.
- B. Cementar.
- C. Quitar el exceso de material.
- D. Templar.
- E. Mecanizar.

Acero de resortes SAE 1075:

1. Calentar hasta 1450°F (788°C).
2. Temolar en aceite.
3. Revenir a 750°F (400°C).
4. Se requiere una dureza Rockwell 41-44

Se emplea para toda clase de resortes de acero.

Acero de herramientas SAE 1095:

1. Calentar hasta 1400-1450°F (760-790°C).
2. Templar en salmuera.
3. Estabilizar en aceite a 350-375°F (175-190°C).
4. Si se especifica revenir.
5. Dureza requerida: Rockwell 52-64

Adecuado para árboles, portafresas, aros de bolas, casquillos, levas, mordezas de plato de sujeción, calibres, gruesos, bloques en V, etc. Se usa cuando se requiere la máxima dureza si puede obtenerse el grado de dureza requerido.

Acero de matrices SAE 3150:

1. Calentar hasta 1620°F (880°C).
2. Enfriar en aire (corriente de ventilador).
3. Revenir a 1050-1075°F (565-580°C).
4. Se requiere una dureza Rockwell 42-46

Adecuado para matrices de inserción en martinets y matrices para trabajar en caliente.

Acero SAE 5132:

1. Mecanizar en desbaste.
2. Calentar hasta 1560°F (850°C).
3. Templar en salmuera o solución cáustica.

4. Revenir a 950-1050°F (510-565°C).
5. Enfriar en aire.
6. Mecanizar de acabado..
7. Se requiere una dureza Rockwell 30-34

Adecuado cuando la precisión combinada con la tenacidad son más importantes que la dureza. Apropiado para ejes de armaduras, barrenas largas para madrinar, ruedas dentadas grandes y piezas varias de maquinaria pesada.

Acero rápido SAE 6470:

1. Precalentar a 1450-1500°F (790-815°C).
2. Sobrecalentar a 2225-2240°F (1222- 1230°C).
3. Templar en aceite.
4. Revenir dos veces en el horno a 1050°F (565°C), invirtiendo tres horas en cada revenido.
5. Se requiere una dureza Rockwell 63-65
6. Si es necesario, volver a revenir en nitrato a 700-800°F (370-425°C) durante 3 o 4 horas, a fin de reducir fragilidad

Adecuado para herramientas de brochar, brocas para puntos de centrar, herramientas de trozar, herramientas de forma, fresas, escariadores, brocas especiales, brocas de dos diámetros, cuchillas, etc.

Acero al cromo-níquel UNE F-122:

1. Templar a 810-830°C al aire.

2. Revenido a 670°C máximo, enfriando en agua.

3. Dureza requerida: 310-395 Brinell.

Si se temple en aceite y el revenido es a 150-200°C, la dureza debe ser 44-46 Rockwell C.

El temple en acero se lleva a cabo cuando se trata de espesores grandes. Mucha sensibilidad a la fragilidad de revenido. Adecuado para engranajes, coronas de reductores, cigüeñales, bielas, etc.

Acero de cementación UNE F-155:

1. Cementar a 890- 940°C.

2. Templar primero en aceite a 870-900°C, después, también en aceite templar a 790-820°C.

3. Revenir a 200°C máximo.

4. Dureza requerida: 190-220° Brinell

Acusada resistencia a la corrosión; resistencia al agua de mar. Fácil mecanización; alta resistencia a la tracción. Adecuado para ejes de bombas y para piezas cargadas sometidas a la corrosión o a altas temperaturas.

Acero de herramientas indeformable UNE F-521:

1. Temple en aceite a 925-975°C.

2. Revenido a 200-300°C, al aire.

3. Dureza normal de utilización, 60-64 Rockwell C

Adecuado para matrices cortantes de formas complicadas, escariadores, machos de roscar, cuchillas circulares, calibres, útiles para embutir, etc.

Acero extra rápido UNE F-554:

1. Temple en aceite a 1320°C
2. Revenido a 580°C, al aire.
3. Dureza normal de utilización, 62-64 Rockwell C.

Adecuado para útiles de máximo rendimiento para materiales muy duros, con velocidades de corte y secciones de viruta elevadas. Poco apto para herramientas finas y delicadas.

APENDICE

TABLA STANDARD AMERICANA DE LOS ACEROS

Composiciones Químicas.
ACEROS AL CARBONO

S.A.E.

Acero número	Carbono	Manganeso	Fósforo máximo	Azufre máximo
1,010	0,05-0,15	0,30-0,60	0,45	0,055
1,015	0,10-0,20	0,30-0,60	0,45	0,055
1,020	0,15-0,25	0,30-0,60	0,45	0,055
1,025	0,20-0,30	0,30-0,60	0,45	0,055
1,030	0,25-0,35	0,60-0,90	0,45	0,055
1,035	0,30-0,40	0,60-0,90	0,45	0,055
1,040	0,35-0,45	0,60-0,90	0,45	0,055
1,045	0,40-0,50	0,60-0,90	0,45	0,055
1,050	0,45-0,55	0,60-0,90	0,45	0,055
1,095	0,90-1,05	0,25-0,50	0,40	0,055
1,315	0,10-0,20	1,25-1,55	0,50	0,085-0,135
1,350(1)	0,45-0,55	0,90-1,20	0,40	0,055
1,360(1)	0,55-0,70	0,90-1,20	0,40	0,055

TORNILLERIA (ACERO AUTOMATICO)

1.112	0,08-0,16	0,60-0,80	0,09-0,13	0,08-0,155
1.120	0,15-0,25	0,60-0,90	máximo 0,06	0,08-0,155

ACERO MOLDEADO

1.235	Según requieren las propiedades físicas	0,05	0,055
-------	---	------	-------

(1) Los aceros números 1.350 y 1.360 no deben contener una cantidad de silicio superior a 0,30 por 100.

ACEROS AL MOLIBDENO

S.A.E.

Acero número	Carbono	Manganeso	Fósforo máximo	Azufre máximo	Níquel	Cromo	Molibdeno
4.130	0,25-0,35	0.50-0.80	0,04	0,05	0,50-0,80	0,15-0,25
4.140	0,35-0,45	0.60-0.90	0,04	0,05	0,80-1,10	0,15-0,25
4.150	0,45-0,55	0.60-0.90	0,04	0,05	0,80-1,10	0,15-0,25
4.615	0,10-0,20	0.40-0.70	0,04	0,05	1,65-2,00		0,20-0,30

ACEROS AL CROMO

S.A.E.

Acero número	Carbono	Manganeso	Fósforo máximo	Azufre máximo	Cromo
5.120	0,15-0,25	0,30-0,60	0,04	0,05	0,60-0,90
5.140	0,35-0,45	0,60-0,90	0,04	0,05	0,80-1,10
5.150	0,45-0,55	0,60-0,90	0,04	0,05	0,80-1,10
52.100	0,95-1,10	0,20-0,50	0,03	0,035	1,20-1,50

ACEROS AL CROMO-VANADIO

S.A.E.

Acero número	Carbono	Manganeso	Fósforo máximo	Azufre máximo	Cromo	Vanadio mínimo deseado
6,120	0,15-0,25	0,30-0,60	0,04	0,050	0,80-1,10	0,15 0,18
6,125	0,20-0,30	0,30-0,60	0,04	0,050	0,80-1,10	0,15 0,18
6,130	0,25-0,35	0,60-0,90	0,04	0,50	0,80-1,10	0,15 0,18
6,135	0,30-0,40	0,60-0,90	0,40	0,050	0,80-1,10	0,15 0,18
6,140	0,35-0,45	0,60-0,90	0,04	0,050	0,80-1,10	0,15 0,18
6,145	0,40-0,50	0,60-0,90	0,04	0,050	0,80-1,10	0,15 0,18
6,150	0,45-0,55	0,60-0,90	0,04	0,050	0,80-1,10	0,15 0,18
6,195	0,90-1,05	0,20-0,45	0,03	0,050	0,80-1,10	0,15 0,18

ACEROS AL NIQUEL

S.A.E.

Acero número	Carbono	Manganeso	Fósforo máximo	Azufre máximo	Níquel
2.015	0,10-0,20	0,30-0,60	0,04	0,05	0,40-0,60
2.115	0,10-0,20	0,30-0,60	0,04	0,05	1,25-1,75
2.315	0,10-0,20	0,30-0,60	0,04	0,05	3,25-3,75
2.320	0,15-0,25	0,30-0,60	0,04	0,05	3,25-3,75
2.330	0,25-0,35	0,50-0,80	0,04	0,05	3,25-3,75
2.335	0,30-0,40	0,50-0,80	0,04	0,05	3,25-3,75
2.340	0,35-0,45	0,50-0,80	0,04	0,05	3,25-3,75
2.345	0,40-0,50	0,50-0,80	0,04	0,05	3,25-3,75
2.350	0,45-0,55	0,50-0,80	0,04	0,05	3,25-3,75
2.512	0,10-0,20	0,30-0,60	0,04	0,05	4,75-5,25

ACEROS AL CROMO-NIQUEL

S.A.E.

Acero número	Carbono	Manganeso	Fósforo máximo	Azufre máximo	Níquel	Cromo
3.115	0,10-0,20	0,30-0,60	0,04	0,05	1,00-1,50	0,45-0,75
3.120	0,15-0,25	0,30-0,60	0,04	0,05	1,00-1,50	0,45-0,75
3.125	0,20-0,30	0,50-0,80	0,04	0,05	1,00-1,50	0,45-0,75
3.130	0,25-0,35	0,50-0,80	0,04	0,05	1,00-1,50	0,45-0,75
3.135	0,30-0,40	0,50-0,80	0,04	0,05	1,00-1,50	0,45-0,75
3.140	0,35-0,45	0,50-0,80	0,04	0,05	1,00-1,50	0,45-0,75
3.215	0,10-0,20	0,30-0,60	0,04	0,045	1,50-2,00	0,90-1,25
3.220	0,15-0,25	0,30-0,60	0,04	0,045	1,50-2,00	0,90-1,25
3.230	0,25-0,35	0,30-0,60	0,04	0,045	1,50-2,00	0,90-1,25
3.240	0,35-0,45	0,30-0,60	0,04	0,045	1,50-2,00	0,90-1,25
3.245	0,40-0,50	0,30-0,60	0,04	0,045	1,50-2,00	0,90-1,25
3.250	0,45-0,55	0,30-0,60	0,04	0,045	1,50-2,00	0,90-1,25
3.312	Máx-0,17	0,30-0,60	0,04	0,045	3,25-3,75	1,25-1,75
3.325	0,20-0,30	0,30-0,60	0,04	0,045	3,25-3,75	1,25-1,75
3.335	0,30-0,40	0,30-0,60	0,04	0,045	3,25-3,75	1,25-1,75
3.340	0,35-0,45	0,30-0,60	0,04	0,045	3,25-3,75	1,25-1,75
3.415	0,10-0,20	0,30-0,60	0,04	0,045	2,75-3,25	0,60-0,95
3.435	0,30-0,40	0,30-0,60	0,04	0,045	2,75-3,25	0,60-0,95
3.450	0,45-0,55	0,30-0,60	0,04	0,045	2,75-3,25	0,60-0,95

ACEROS AL TUNGSTENO

S.A.E.

Acero número	Carbono	Manganeso	Fósforo máximo	Azufre máximo	Cromo	Tungsteno
71.360	0,50-0,70	0,30	0,035	0,04	3,00-4,00	12,00-15,00
71.660	0,50-0,70	0,30	0,035	0,04	3,00-4,00	15,00-18,00
7..260	0,50-0,70	0,30	0,35	0,04	0,50-1,00	1,50-2,00

ACEROS MANGANOSILICIOSOS

S.A.E.

Acero número	Carbono	Manganeso	Fósforo	Azufre	Silicio
9.225	0,50-0,60	0,60-0,90	0,040	0,05	1,80-2,20
9.260	0,55-0,65	0,60-0,90	0,040	0,05	1,80-2,20

En esta tabla de Normas Americanas para Aceros del Automóvil y Aviación, a cada acero corresponde un número formado de cuatro cifras. Este número da indicaciones sobre el tipo de acero.

Aceros ordinarios al carbono.

Estos aceros están numerados de 1.000 a 1.100.

La primera cifra indica el tipo. Carbono ordinario.

Las dos últimas cifras representan la cantidad en carbono.

Ejemplo: Acero 1.045= acero al carbono ordinario en 0,45 por 100 de carbono.

Aceros al níquel.

Estos aceros están numerados del 2.000 a 3.000, inclusive.

La primera cifra indica el tipo de "Níquel".

La segunda cifra indica la cantidad de níquel.

Las dos últimas cifras indican el contenido en carbono.

2894277

242220

Ejemplo: 2.320

Cantidad en níquel.....3%

Cantidad en carbono.....0,20%

INDICE

	Pág.
I. GENERALIDADES SOBRE MEDICION	37
I.A. GENERALIDADES.....	37
I.B. REGLAS FUNDAMENTALES PARA MEDIR.....	37
I.C. MANEJO DE LOS INSTRUMENTOS.....	38
I.D. ERRORES DE MEDICION Y EXACTITUD	38
 II. MEDICIONES DE LONGITUD	 39
II.A. INSTRUMENTOS DE TRANSPORTE DE MEDIDA	39
II.B. INSTRUMENTOS DE ESCALA	40
II.C. INSTRUMENTOS DE MEDIDA CON CURSOR	40
II.D. MEDIDAS DE VALOR FIJO (CALIBRES)	44
III. VERIFICACION DE SUPERFICIES.....	51
 IV. MEDICIONES DE ANGULOS	 52
IV.A. MEDICIONES DE ANGULOS CON INSTRUMENTOS.....	52
IV.B. MEDICION DE ANGULOS CON EL TRANSPORTADOR	52
IV.C. MEDICION TRIGONOMETRICA DE ANGULOS	53
 V. COMPROBACION DE HORIZONTALIDAD Y VERTICALIDAD	 53
V.A. APARATOS DE MEDICION OPTICOS.....	53

V.B. COMPROBACION DE SUPERFICIES	54
V.C. MEDICION DE ENGRANAJES.....	55
 INSTRUMENTOS DE TRAZADO.....	66
SISTEMA DE TRAZADO	67
INSTRUMENTOS DE TRAZADO	68
BIBLIOGRAFIA.....	75

I. GENERALIDADES SOBRE MEDICION

I.A. Generalidades

Medir una magnitud es compararla con otra tomada como unidad. Las magnitudes de comparación o unidades están legalmente establecidas, por ejemplo, unidad de longitud: el metro; de capacidad: el litro; de peso: el kilogramo, etc. La medición sirve, pues, para determinar una magnitud, por ejemplo, la longitud de una pieza (en m.) o el peso de una mercancía (en kg). Para simplificar las mediciones se emplean instrumentos y utensilios de medida que o bien tienen un valor dimensional determinado y permiten una discrepancia tolerable (calibre de límites) o que indican la discrepancia con un valor determinado. La elección de un instrumento de medida, así como su grado de precisión, se decidirá por la finalidad de su empleo. Ya que al crecer las temperaturas, en todos los materiales se producen dilataciones y, por el contrario, las temperaturas decrecientes originan contracciones, los instrumentos con alto grado de precisión están contrastados a una temperatura de +20°C (temperatura de referencia según la DIN 102) en todas las mediciones con alto grado de precisión deben tener las piezas y los instrumentos de medida la temperatura de +20°C. En la construcción de máquinas, las unidades de medida más importantes son: longitudes (m), ángulos (°), pesos (Kg), tiempos (seg, min), superficie (m²), volumen (m³), presión (at), velocidad (m/s, m/min, Km/h).

I.B. Reglas fundamentales para medir.

1. La medida o medición tiene pleno sentido únicamente si se lleva a cabo con el cuidado requerido y admisible.
2. Antes de proceder a la medición se eliminan del lugar que va a medirse las rebabas, la suciedad y las virutas. Las superficies de medidas del instrumento se aplican cuidadosamente a la pieza, con la presión de medida correcta si así se exige, nunca a la fuerza.
3. Se mide en varios puntos. Todas las lecturas se efectúan con dirección de la vista perpendicular al plano de la escala. Las piezas colocadas en máquina se miden únicamente con la máquina parada (riesgo de accidente y de deterioro del instrumento de medida).

4. Las piezas imanadas se desimanan antes de la medición.
5. En los instrumentos de medida ajustables se verifica con frecuencia su posición cero.
6. Para medir piezas que se han calentado, se dejan enfriar previo.
7. En mediciones finas, la pieza como el instrumento de medida deben estar a la temperatura de referencia ($+20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

I.C. Manejo de los Instrumentos.

1. Los instrumentos de precisión son objetos que deben guardarse bien protegidos, y después de usarlos, se engrasan con vaselina.
2. Nunca se forzarán los instrumentos de medida al aplicarlos a las piezas. Deben de protegerse contra golpes. Jamás deben de ser empleados para medir piezas con movimiento giratorio.
3. Comprobar el desgaste. Todo instrumento de medir debe por ello ser sometido a verificaciones periódicas.
4. El calor, frío, humedad y reactivos químicos pueden causar inexactitud en los instrumentos. No se deben de mantener en las manos calientes por tiempo innecesario.

I.D. Errores de medición y Exactitud.

Ninguna medición, por muy exacta que sea, de la medición real, siempre habrá alguna diferencia, debido principalmente a 3 causas:

1. Error de Instrumento: La precisión del instrumento de medida depende en primer lugar de la exactitud de su fabricación. Las influencias externas, como el calor, el frío, la presión atmosférica, el rozamiento, etc. constituyen otras causas. También el desgaste de las superficies de medición influye en la exactitud de la medida.
2. Error personal: Es debido a la inexactitud de lectura. También influye la manipulación incorrecta del instrumento de medida, cuyas superficies de medición no se han limpiado convenientemente. Con una presión de medida demasiado baja, tampoco se obtiene una medida correcta. Para

compensar la falta de sensibilidad o tacto se disponen resortes, trinquetes, etc.

3. Error Aleatorio: Si una pieza se mide repetidas veces con el mismo instrumento de medida y en iguales condiciones de medición, se obtienen valores que difieren más o menos entre sí. Esto se denomina dispersión. Sus causas son las fluctuaciones que simultáneamente se producen en parte por las variaciones en el instrumento de medida por escasas diferencias de temperaturas, pero también por el estado de ánimo de la persona que mide, mediante reiteradas mediciones se determina el valor medio, con lo cual se eliminan parte de errores aleatorios.

II. MEDICIONES DE LONGITUD

II.A Instrumentos de Transporte de Medida.

Se utilizan en las mediciones de longitudes. No poseen ninguna pieza con escala, de modo que, según la precisión que se requiera, el valor de la medida se leerá aplicando el instrumento de transporte a otro instrumento de medida.

Los compases sin tornillo de precisión se abren con ambas manos para ajustarlos aproximadamente a la longitud que se quiere medir. La abertura exacta se obtiene por medio de ligeros golpes en el exterior o en el interior de las ramas del compás, pero sin golpear jamás en las superficies de medición del instrumento.

El compás de interiores se ajusta en el taladro, descansando sobre una de las superficies y moviendo la charnela en las direcciones indicadas. La segunda punta de medida sólo tocará en un punto a la superficie del taladro. En las medidas de ranuras o estrías debe mover el compás tanto longitudinal como transversalmente, descansando siempre para ello en un solo punto la rama que apoya contra la pieza.

El compás de exteriores se utiliza cuando el lugar de la medición no sea accesible con otros instrumentos o lo sea muy difícilmente. La exactitud que puede alcanzarse con los compases es de 0.1 mm.

II.B. Instrumentos de Escala.

- a) Escalas metálicas articuladas: Se fabrican con longitud de 1 y 2 metros. Son de acero o de metal ligero y su límite de error es aproximadamente de 1 mm. por metro.
- b) Reglas graduadas de acero: se fabrican con longitudes de 300 y de 500 mm; son de acero de resortes y la escala empieza en uno de los extremos de la regla.
- c) Reglas de trabajo: Se fabrican con longitudes de 500 a 5000 mm; son de acero de herramientas con espesores hasta de 14 mm y anchuras hasta de 70 mm.
- d) Escalas articuladas de madera (metro plegable). Largos de fabricación, 1 y 2 m.
- e) Cintas métricas de tela, fabricadas en largos de 1, 1.5 y 2 m. con guarniciones de metal en los extremos y escala por ambas caras.
- f) Cintas métricas arrollables de tela. Se fabrican en longitudes de 1, 2, 10, 20, 30, 50 m. son de fleje de acero de resortes, inoxidable.
- g) Cintas métricas arrollables metálicas, fabricadas en 10, 20 y 25 cm. el tejido lleva una trama de acero inoxidable, el estuche es de cuero.
- h) Reglas de contracción. Se emplean en la construcción de modelos para la fundición. Como el material fundido se contrae al enfriarse, las medidas para los modelos deben ser algo aumentadas. La regla de contracción debe por tanto, elegirse de acuerdo con el material que se funde. Las reglas de contracción se construyen de madera y de acero. El tanto por ciento de variación y la longitud nominal están marcados en el principio de la escala.

II.C. Instrumentos de medida con cursor.

a) Pie de rey:

Se fabrican estos instrumentos con nonios para apreciar $1/10$, $1/20$ y $1/50$ mm. La longitud más corriente es la de 200 mm. El pie de rey es el instrumento de medida más usado en la construcción de máquinas. Con

el pie de rey normal se miden longitudes, espectros y diámetros interiores y exteriores, con una exactitud de 0.1 mm; con los pies de rey más precisos hasta de 0,02 mm. El nonio se emplea en muchos instrumentos de medida. Con su ayuda se aprecian valores que no caen exactamente sobre una de las divisiones de una escala uniforme. Consiste en una pequeña regla graduada que corre sobre la escala principal del instrumento de medida. En la posición cero del instrumento coinciden el cero del nonio con el cero de la escala principal. La escala del nonio de décimas se obtiene dividiendo en 10 partes iguales, 9 divisiones de la escala principal.

Instrucciones para la medición con el pie de rey: Con el cursor en la posición cero no debe verse la luz por la rendija entre las ramas de medición. Para medir una pieza se apoyará contra ésta la rama fija y luego se aproximará hasta que haga contacto la rama móvil, procediéndose entonces a la lectura. Si no es posible realizar la lectura con el pie de rey sobre la pieza que se desea medir, se aprieta entonces el tornillo de fijación y se retira cuidadosamente el instrumento, para hacer la lectura. El pie de rey de construcción corriente tiene en los extremos de las ramas unos talones cuyos espesores suman 10 ó 5 mm. Sirven para la medición interior de taladros, tuercas, etc. El espesor de los talones se suma a la medida leída. Se ha de procurar, por consiguiente, que las ramas del pie de rey queden paralelas al eje del taladro. En la medición de gargantas con los filos del pie de rey de precisión, hay que cuidar de que los filos queden aplicados en el lugar correcto. Los picos cruzados deben quedar exactamente sobre el diámetro. El valor de la medida es en este caso igual al valor leído. Jamás se deberá medir una pieza en movimiento. Al grupo de los pies de rey pertenecen también los medidores de profundidades y salientes.

b) Micrómetro o palmer:

1. Los micrómetros para medidas exteriores se fabrican, con tipos normales, para apreciar hasta las centésimas de milímetro y como instrumentos de gran precisión, hasta las micras. Sus zonas de medición van de 25 en 25 mm., por ejemplo, 0 a 25 mm., 25 a 50 mm., etc. El paso de rosca del husillo de medición es, por lo general, de 0.5 mm. Una rotación del tambor hace, pues correr el husillo 0.5 mm. Como el contorno del tambor lleva 50 divisiones, cada una de éstas representa $0.5:50=0.01=1/100$ mm. Si el tambor gira una división, el desplazamiento longitudinal del husillo será de 1/100 mm. Sobre el manguito graduado se

encuentran por encima la línea longitudinal, la escala de milímetros completos y, por debajo, la de medios milímetros. Ejemplos de lecturas en las figuras. En un buen palmer quedan las divisiones del tambor separadas 1 mm aproximadamente; de este modo puede apreciarse hasta 0.002 mm. En la actualidad existen micrómetros con un tambor indicador de décimas y un nonio que hace posible la lectura de las micras. La lectura directa de las décimas suprimen errores de adición, al leer.

Los micrómetros para medir roscas se emplean principalmente para la medición de los diámetros en los flancos. Los topes de medición son cambiables para que con el mismo palmer puedan medirse toda clase de roscas. Llevan estos micrómetros tornillos de fijación y de coincidencia para su ajuste rápido a cero o a otra medida de comprobación. Para el ajuste de los micrómetros a roscas de más de 25 mm. de \varnothing se utilizan medidas de ajuste.

(Para medir flancos se utiliza el método de 3 alambres).

Otra construcción especial es la de los micrómetros para engranajes, destinados a la medición de gruesos de diente en los engranajes cilíndricos con dientes rectos y oblicuos. Las superficies de medición deben colocarse tangentes a dos flancos, aproximadamente por los puntos de paso de la circunferencia primitiva. La medición debe realizarse siempre sobre varios dientes. El número de dientes comprendidos en la medida depende del número de dientes de la rueda y el ángulo de engrane.

Los micrómetros sin estribo sirven como elementos de medida incorporados a máquinas y dispositivos de medición de toda clase.

2. La precisión de lectura de los micrómetros para medidas interiores y de profundidad suele ser de 1/1000 mm.

c) Micrómetros de gran precisión:

El palmer de precisión pertenece a los instrumentos de medida con índice (palanca sensitiva); es una pequeña máquina de medición que puede medir series de piezas con rapidez y con la mayor precisión: el valor de medida no depende de la sensibilidad del operador. El tope de medición, que es móvil, queda bajo la presión de un resorte y transmite su movimiento por un sistema de palanca a la aguja indicadora. El

instrumento encuentra su aplicación como calibre indicador de límites; el ajuste de la tolerancia facilita la observación de las medidas límite. Sobre la escala puede marcar el índice de discrepancias hasta de 0.02 mm.

d) Comparadores:

Se emplean en la medición de longitudes cuando se trata de determinar las discrepancias respecto a la medida nominal. La exactitud de lectura es de 1/100 mm. Para trabajar con el comparador se necesita un soporte para este y, si se trata de mediciones interiores, unas varillas especiales de transmisión. Mediante una cremallera, un piñón y una rueda dentada se amplía la carrera del husillo de medición, para que se vea claramente la desviación de la aguja indicadora. Las divisiones de la esfera indican centésimas de mm., siendo la distancia entre rayas superior a 1 mm. El número de mm completos lo indica una aguja pequeña. La esfera puede girar para ponerla en cero con cualquier posición de la aguja. La zona de medición de la esfera del comparador, según sea la construcción está comprendida entre 3 y 30 mm. También fabrican comparadores para medidas inglesas. Como los comparadores se ajustan fácilmente y sin gastos importantes pueden acoplarse a los dispositivos de medición, se emplean con frecuencia para múltiples fines. Las marcas de tolerancia ajustables sirven en las mediciones en serie para un rápido reconocimiento de la precisión de la medida.

e) Palpadores de precisión:

Se fabrican con exactitud de lectura de 0.1, 0.01, 0.005, 0.001, 0.0005 mm. Su zona de medición es restringida y de aquí la más alta precisión, escala clara y suficiente campo de lectura exacta. La aguja indicadora se mueve sólo en un sector circular; los errores de lectura quedan descartados. Los hay en variados estilos con adaptaciones diferentes, y son: Palpador de precisión Millimess, Calibre caballero con palpador para la medición de grandes diámetros ext. Para las mediciones interiores existe un aparato de medición interior con centrado automático con Intramesas.

Dentro de los calibres indicadores de límite con palpador de precisión, se dice que hace ya varios decenios que se utilizan los calibres fijos de límite. Su inconveniente consiste en que con el calibre fijo solamente puede saberse que la pieza está dentro de la tolerancia correspondiente a los calibres "pasa" y "no pasa". No indican, por lo general, el valor real

de la medida, por lo que el obrero tiende a atenerse a su sensibilidad, su rápido desgaste exige costosas reparaciones. Existen calibre indicadores "Marameter" para exteriores y "Marimeter" interiores.

Aparatos eléctricos para la medición de longitudes: La economía de la fabricación en serie de numerosas piezas para recambios de precisión, necesita aparatos de medida que permitan una selección rápida y segura de las piezas que se miden, indicando las que sobrepasan de la medida y las que no llegan a ella. Como la lectura de las agujas, indicadores en muchas mediciones acaban fatigando la vista, se han construido aparatos que al pasar de los límites de tolerancia ajustados cierran un contacto y actúan sobre un dispositivo eléctrico, que indica que la pieza que se mide no es admisible. El resultado de la medida se indica con una luz de color. Las piezas que hay que seguir mecanizando se señalan por una luz blanca, las que tienen su media fusta, por una luz verde y las que hay que desechar con luz roja. Mediante compuertas o cambios de vía de accionamiento electromagnético, mandados por relés desde los palpadores de precisión pueden formarse las instalaciones automáticas de verificación y selección. Existen varios aparatos eléctricos y son Palpador eléctrico de precisión "Elmess", Medidor de roscas eléctrico, Comprobadores Múltiples, Palpador inductivo con indicador, Palpador eléctrico, etc.

II.D. Medidas de valor fiijo (calibres).

Tienen entre las superficies de medición una medida invariable. Los calibres más sencillos son las galgas o calibres de chapas, de alambres y de brocas helicoidales.

El comprobador de huelgo se emplea en el montaje para fijar el juego o huelgo de guías, cojinetes, etc. Los redondeamientos convexos y cóncavos se comprueban con galgas de radios. Si el radio de la pieza coincide con el de la galga no se verá ninguna rendija de luz.

Los calibres de macho y los calibres de interiores son superficies extremas planas o cilíndricas sirven para la comprobación de taladros y separaciones. Los calibres de macho son de acero templado, rectificadas y lapeados. En la empuñadura del calibre va indicada la medida nominal, así como la situación y magnitud de la tolerancia con la designación del cilindro o macho correspondiente. El lado "pasa" es el que corresponde al macho con la medida mínima, que debe pasar por el taladro. El lado "no

pasa" corresponde al macho con la medida máxima, que no debe pasar por el taladro, sino tan sólo apuntarse en el mismo. El macho "no pasa" es el más corto, que además se reconoce por llevar el mango cerca del mismo un anillo rojo.

Los calibres de bocas se utilizan para medidas exteriores. Llevan dos bocas, "pasa" y "no pasa", o una sola boca con las dos medidas máxima y mínima, así como juegos o parejas de calibres de una boca (uno es el calibre "pasa" y el otro el calibre "no pasa"). Los calibres de bocas se utilizan para la medición de ejes, gorriones, etc.

Para la medición de roscas se utilizan calibres de límite, que pueden ser calibres de macho para roscas para medir tuercas, o calibres de boca para roscas, para medir tornillos. El calibre de anillos para roscas no permite reconocer los errores de los flancos por lo que es preferible el empleo de los calibres de boca.

Medidas de límite: son las medidas primitivas de una fabricación. Con ellas se confrontan calibre y aparatos de medidas. Para la determinación de medidas de piezas de precisión, la verificación y el ajuste de herramientas y de mecanismos, así como para trazados exactos son indispensables las medidas de límite. Son de la máxima precisión en la medida y en el paralelismo de las superficies de medición. De acuerdo con sus aplicaciones, se fabrican con cuatro calidades o grados de precisión:

Calidad : Para las más altas exigencias de precisión, como patrones en los laboratorios de mediciones.

Calidad I: Para altas exigencias de precisión, como patrones y medidas de comparación, a las que se refieren todas las medidas de una fabricación.

1.- INSTRUMENTOS DE TRANSPORTE DE MEDIDA:

COMPAS DE INTERIORES

COMPAS DE EXTERIORES

COMPAS DE MUELLE

2.- INSTRUMENTOS DE ESCALA:

REGLA GRADUADA

METRO PLEGABLE

CINTA METRICA DE ACERO

CINTA METRICA DE TELA

3.- INSTRUMENTOS DE CURSOR:

PIE DE REY

PIE DE REY DE PROFUNDIDAD

MICROMETRO O PALMER

PALMER DE PRECISION

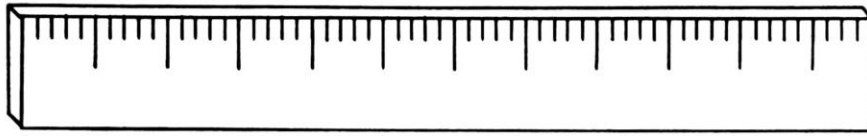
COMPARADOR

4.- MEDIDAS FIJAS

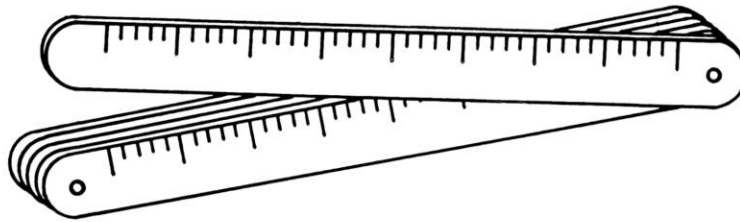
GALGAS DE REDONDEAMIENTO

CALIBRES DE BOCA Y DE MACHO

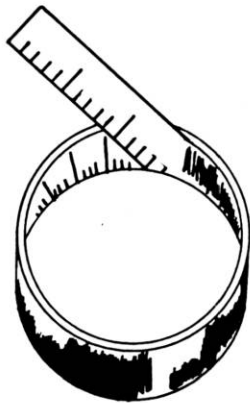
MEDIDAS DE LIMITE



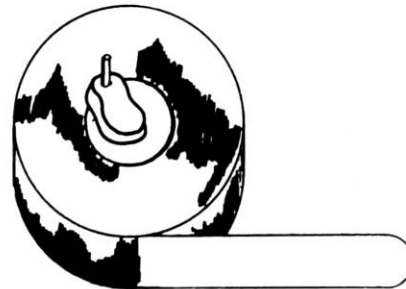
REGLA GRADUADA



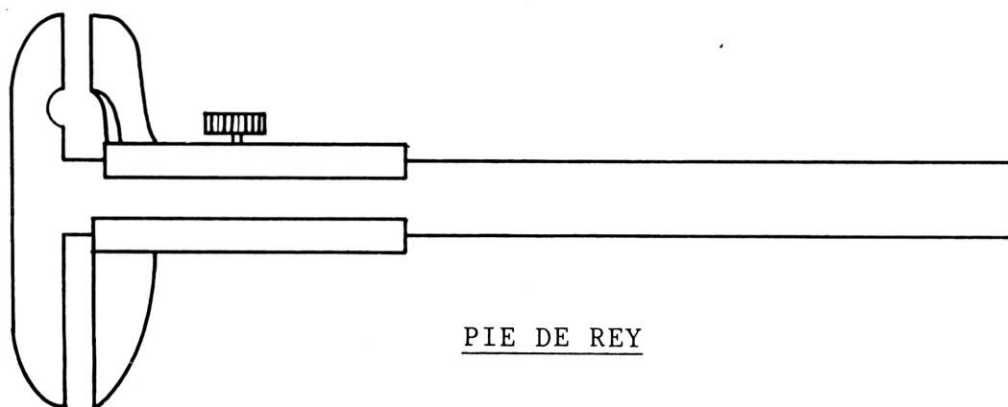
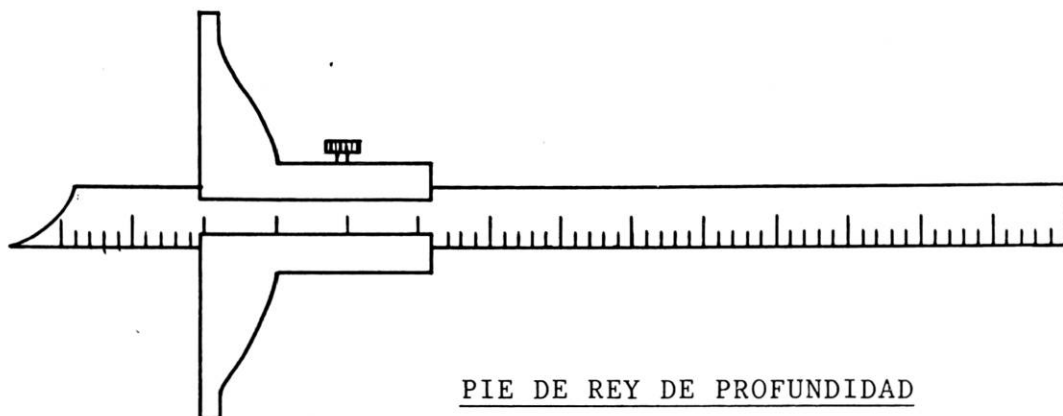
METRO PLEGABLE



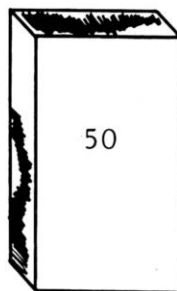
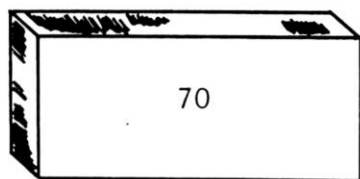
CINTA METRICA
DE ACERO

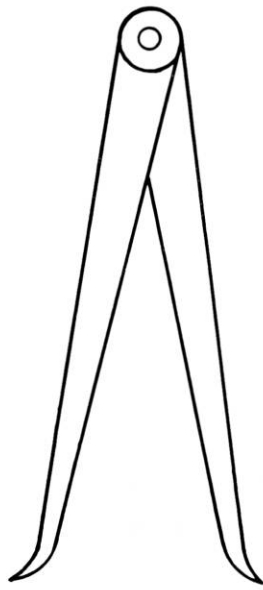


CINTA METRICA
DE TELA

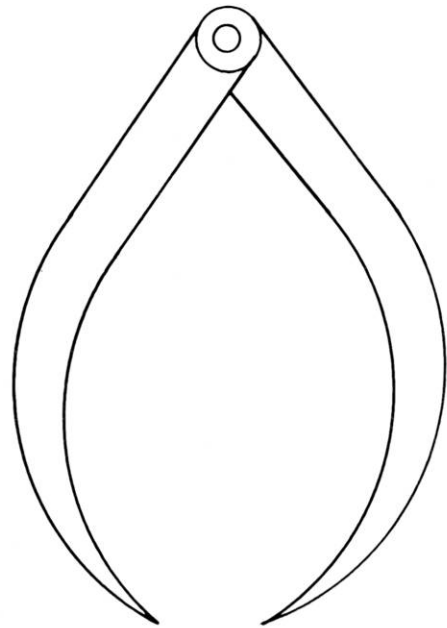


MEDIDAS DE LIMITE

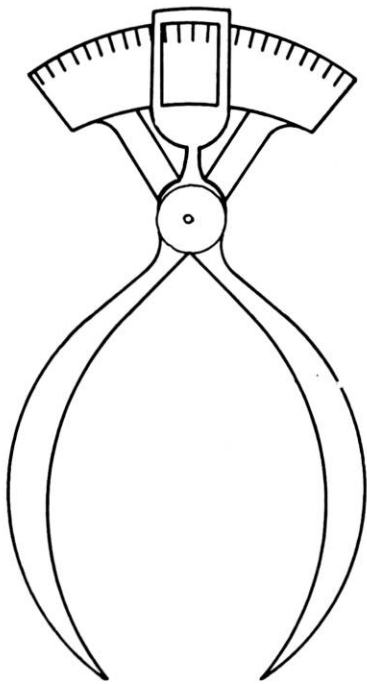




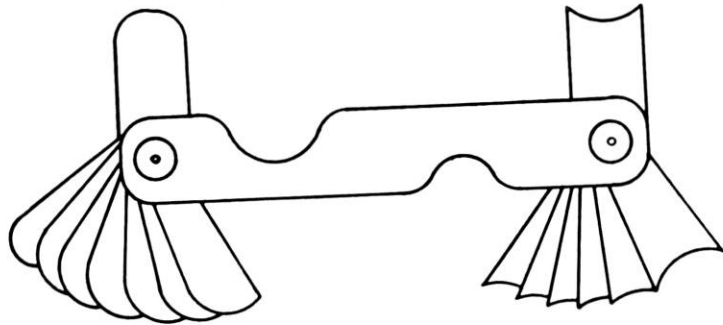
COMPAS DE INTERIORES



COMPAS DE EXTERIORES



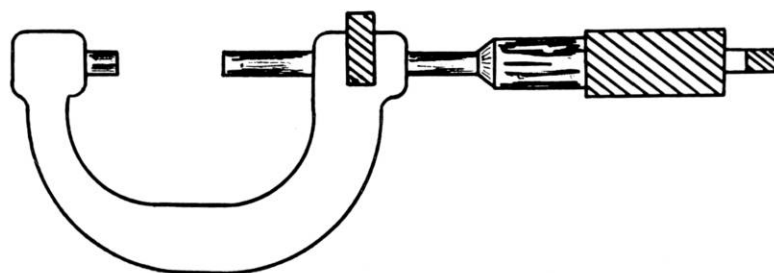
COMPAS DE MUELLE



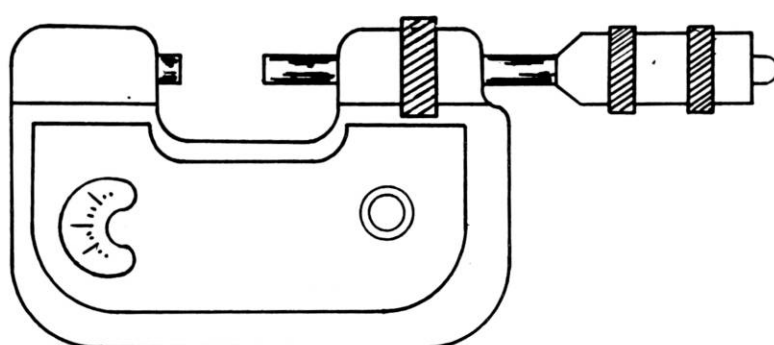
GALAS DE REDONDEAMIENTO



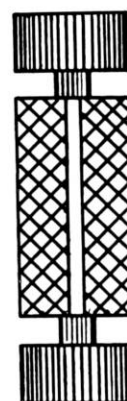
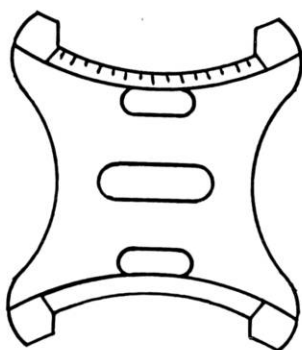
2894277



MICROMETRO O PALMER



PALMER DE PRECISION



CALIBRES DE BOCA Y DE MACHO

Calidad II: Para comprobación de los calibres de trabajo, según calidades ISA, para ajuste de aparatos indicadores de medida y para verificación de medidas exactas en la construcción de mecanismos. La precisión de la calidad II es suficiente en casi todas las fabricaciones.

Calidad III: Para moderadas exigencias de exactitud, trazado, colocación de la cuchilla de máquinas, herramientas, etc.

III. VERIFICACION DE SUPERFICIES.

La planitud de las superficies se comprueba con regla, utilizándose cuando se desea una gran precisión, las llamadas reglas capilares o de filo. La regla se coloca con el lado delgado o una de las aristas sobre las superficies que se desea comprobar, las faltas de planitud se reconocen por las rendijas de luz.

Las reglas delgadas se aplicarán tan sólo por el lado estrecho, porque las aristas suelen encontrarse más o menos curvadas. Las reglas de filo tienen aristas exactamente rectificadas y deben, por tanto, manejarse con precisión.

Instrucciones de trabajo: La superficie que se ha de comprobar se limpia cuidadosamente para que quede sin polvo, basura, ni limaduras y se le quitan las rebabas. Se coloca con precaución la regla de filo sobre varios puntos de la superficie y en diferentes direcciones. Por las rendijas de luz se hacen visibles las menores desigualdades. La regla de filo debe levantarse después de cada aplicación y colocarse de nuevo en el lugar próximo. Arrastrar la regla sobre la superficie no es correcto, pues se desgasta el filo.

IV. MEDICIONES DE ANGULOS.

IV.A. Medición de ángulos con Instrumentos fijos:

El instrumento se coloca sobre la pieza de tal modo que los planos de ambas ramas o lados queden perpendicularmente a las superficies de la pieza. La coincidencia del ángulo se comprobará por la rendija de luz. Si una pieza se mide en varios puntos, no debe correrse el instrumento de medición, sino levantarlo y volverlo a asentar en cada lugar, para evitar el desgaste de los bordes.

IV.B. Medición de ángulos con el transportador:

Con el transportador simple pueden medirse ángulos de 0 a 180°. La guía fija se aplica contra uno de los planos del diedro que se quiere medir en la pieza, y luego se hace girar la alidada hasta que apoya sobre el otro plano del diedro. La punta de la alidada señala la magnitud del ángulo. Al efectuar la lectura hay que tener en cuenta en qué lado se halla el punto de partida.

En el transportador universal pueden ambas ramas, por el giro de los dos limbos, formar ángulos cualesquiera. El limbo exterior lleva la división principal, formando cuatro cuadrantes graduados desde 0° hasta 90°, creciendo en ambas direcciones y luego decreciendo hasta los 0°. El limbo interior es el nonio, también graduado en los dos sentidos, ya que para leer deben estar numerados en la misma dirección el limbo principal y el del nonio. El nonio de este transportador permite apreciar hasta el doceavo grado. La raya del nonio que coincide con una raya de la división principal indica cuántas veces hay que añadir 5' a los grados leídos.

Para su ajuste y lectura, las ramas del transportador se colocan sobre la pieza de tal modo que entre pieza y rama no se vea ninguna rendija de luz. Los planos de las ramas deben quedar perpendiculares a los de las piezas. Al medir ángulos agudos, la lectura da directamente la medida. Al medir ángulos obtusos, la lectura da el suplemento de la medida (180° - el valor de lectura).

IV.C. Medición trigonométrica de ángulos:

La regla de senos es de acero templado y exactamente rectificadas. En el taller se miden los conos exteriores con galgas de casquillo cónico y los conos interiores con galgas de macho cónico.

V. COMPROBACION DE HORIZONTALIDAD Y VERTICALIDAD.

La horizontalidad de un plano se comprueba en dos direcciones aproximadamente perpendiculares. Como instrumento de comprobación en la construcción de máquinas se emplea casi exclusivamente el nivel de burbuja, que consiste en una caja de fundición especial, cuya superficie de apoyo está cuidadosamente rectificadas y que lleva una guía prismática, para su fácil alineación sobre los ejes. Alojados en la caja va un tubo bombeado de cristal templado, lleno de éter hasta dejar sólo una burbuja de aire. Esta burbuja se sitúa siempre en el punto más alto. El tubo de cristal lleva grabadas unas rayas de división y cuando está exactamente en posición horizontal, la burbuja se encuentra entre las rayas centrales de la grabación.

Para la medición de diferencias de altura entre superficies distantes, por ejemplo en las fundiciones de máquinas, se emplea el nivel de agua. La verticalidad de un plano puede comprobarse con el marco nivelante o con el nivel de burbuja en combinación con un cartabón de 90°. Si la exactitud exigida no es demasiado grande o bien si se trata de grandes alturas puede emplearse la plomada.

V.A. Aparatos de medición ópticos:

Un transportador universal con microscopio se representa en mucho para la medición de ángulos en herramientas y piezas. Las divisiones de la escala son de 5' y pueden apreciarse bien valores intermedios. En un equipo normal, incluye este transportador una regla de 250 mm. de largo, la cual tiene una cara inclinada de 45° para hacer posibles las mediciones en las guías a cola de milano. Puede girar hasta los 360° y

ser detenido en cualquier posición. El mecanizado de superficies planas puede comprobarse con el nivel de ángulos. La inclinación de los elementos mecánicos respecto a la horizontal, o la inclinación recíproca puede ser medida y ajustada. La superficie de medición del nivel de ángulos, que para ser precisa la colocación sobre los ejes, lleva labrada en dirección axial una guía prismática, se coloca sobre la superficie que se comprueba y la inclinación se lee mediante un nivel de tubo fijado como recta de referencia en una esfera de cristal. La zona de medición es de $\pm 120^\circ$, las divisiones de la escala de precisión del ocular son de $30'$. Para la medición de espesores por el método comparativo, puede emplearse el tolímetro de Leitz, que es un aparato óptico de longitudes de muy alta precisión, utilizado para la verificación de calibres, medidas de límite y piezas de gran valor. Se ajusta con un patrón a la medida nominal. Las discrepancias entre las piezas y la medida nominal se indican sobre un cristal deslustrado. La exactitud de su medida es de $\pm .03$ mm. la fuerza de medición puede graduarse entre 50 y 200 g.

La medición de grandes herramientas y calibres con los aparatos usuales de precisión ocasiona a menudo dificultades, ya que estos aparatos suelen tener unos límites con los que no se llega a las mediciones grandes. Para la medición precisa de piezas grandes y pesadas se dispone actualmente del Pupitre Universal de medición. Este pupitre, con las dimensiones y la estabilidad de una máquina/herramienta, reúne la posibilidad de medición de grandes piezas con la exactitud de un aparato óptico. Un equipo muy complejo hace posibles las mediciones especiales, por ej. las de las fresadoras para engranajes rectos y helicoidales. La ventaja principal del pupitre de medición consiste en que la pieza se mantiene fija durante su medición, mientras la instalación óptica es la que se mueve, quedando el patín o carro igualmente cargado durante todo el proceso de medida. Para la medición exacta de ángulos se dispone de un ocular goniométrico intercambiable con divisiones de $1'$. Las comprobaciones sobre alineaciones se efectúan con el Teodolito de Leitz.

V.B. Comprobación de superficies:

Para comprobar la igualdad de una superficie se cuenta el comprobador de calidad superficial de Forster. La superficie que se comprueba es pasada por debajo de un palpador sensible con una punta muy fina. Los saltos de la aguja por las irregularidades de la superficie, ampliados ópticamente con un mecanismo de desviación de haz luminoso, pueden leerse o registrarse de un modo continuo.

V.C. Medición de engranajes:

En los engranajes pueden efectuarse las siguientes comprobaciones:

a) Mediciones aisladas:

1. Determinación del diámetro de la circunferencia fundamental y mediciones de la forma y de los flancos de los dientes y del ángulo de engrane.
2. Medición de paso.
3. Medición del grueso de los dientes.
4. Comprobación de golpes y vibraciones.
5. Comprobación de la dirección de los dientes. Para comprobar los flancos de los dientes se utilizan verificadores de envolventes. Por grueso de dientes se entiende en los engranajes rectos al arco de circunferencia primitiva comprendido entre ambos flancos; en los engranajes oblicuos al arco de hélice del cilindro primitivo perpendicular a la dirección de los dientes. El pie de rey para engranajes sirve para medir la altura desde la cabeza a la circunferencia primitiva y el grueso de los dientes. Como la medida del espesor del diente, o bien el espacio entre dientes, se encuentra sobre la circunferencia primitiva, en la medición de ruedas con escaso número de dientes, se tendrá una discrepancia considerable respecto al grueso de diente según el arco, porque la recta medida con el pie de rey es la cuerda del arco.

El hueco entre dientes se mide con el palmer para engranajes. La medición del paso suele referirse a las faltas de uniformidad en el paso sobre la circunferencia primitiva, y puede realizarse con un aparato de palancas sensitivas. Para la medición de la uniformidad del paso con el comprobador de Klingelnberg.

METALES FERROSOS Y NO FERROSOS.

ALUMINIO: Metal blanco, plateado y liviano, dúctil, maleable y excelente conductor del calor y la electricidad.

Expuesto al aire libre se forma de inmediato una caja casi invisible de óxido de aluminio lo protege e impide que continúe la oxidación. Es el más común de los metales, 60% más abundante que el hierro y se encuentra en la bauxita, el caolín, el feldespato, etc. Comercialmente se obtiene por electrólisis de óxido de aluminio (bauxita: Como es muy blanco se endurece agregándole pequeñas cantidades de cobre y magnesio para obtener al duraluminio. Hay aleaciones de aluminio más fuertes que algunos aceros. Reemplaza al acero en aplicaciones en que el poco peso y la resistencia a la corrosión son más importantes que la dureza. Sus usos son: en aviones, cohetes, vagones de ferrocarril, autos, edificios, puertas, pinturas, cables de alta tensión, utensilios de cocina, papel de envoltura, etc.

ANTIMONIO: Metal blanco azulado, brillante, duro y quebradizo. Se obtiene por fusión de la estibina con hierro. Se usa específicamente en aleaciones y su rara propiedad de dilatarse al solidificarse produce excelentes piezas fundidas. Su dureza se aprovecha para aleaciones como plomo y estaño, para tipos de imprenta y con cobre y estaño (metal babbitt) para cojinetes, también se usa para placas de acumuladores, balas cubiertas de cables telefónicos (metal britania) para cubiertos, del sulfuro de antimonio extraen la composición de los fósforos de seguridad.

BERILIO: Metal blanco acerado semejante al magnesio, punto de fusión 1280 a 1300°C. Por su sabor dulce se le llama glucinio, es más duro que el acero y resistente a la corrosión se alea con otros materiales para comunicarle resistencia y dureza, se emplea como moderador en los reactores atómicos en corazas antiaéreas de los vehículos espaciales.

BISMUTO: Metal blanco plateado con tintes rojos. Duro, quebradizo y mal conductor del calor. Se encuentra en forma de sulfuro y bismutina. Por su bajo punto de fusión se aprovecha en aleaciones fácilmente fusibles para tapones de seguridad, extintores automáticos de incendio, fusibles, ciertas aleaciones, baños de temperatura constantes y en otros dispositivos en donde el metal deba fundirse a determinada temperatura.

BORO: Elemento no metálico. Sus componentes abundan en la naturaleza. El elemento puro en un cuerpo cristalino negro, sumamente duro o bien, una masa amorfa, verde amarillenta. Agregando a una aleación de hierro mejorará las propiedades del acero. El óxido bórico entra en la fabricación de vidrios resistentes al calor como el Pyrex.

CADMIO: Elemento metálico blanco azulado, maleable y dúctil, más duro que el estaño y más blando que el zinc. Se prepara comercialmente redestilando el polvo que se obtiene en la destilación del zinc. Se usa para proteger el hierro, el acero cobre y algunas aleaciones contra la corrosión, también se emplea para extintores automáticos de incendio, para cojinetes de autos.

CALCIO: Elemento metálico de color blanco plata, ligero y maleable. Se obtiene comercialmente por electrólisis del cloruro de calcio fundido. Se emplea como material de aleación al magnesio, aluminio y otros metales.

CERIO: Elemento metálico, dúctil y maleable, de color gris de acero aleado con hierro, se emplea en la chispa de los encendedores automáticos, balas trazadoras, luces de señales, sus compuestos se usan en pequeñas cantidades en la manufactura del vidrio, cerámica, coperuzas incandescentes, y células fotoeléctricas.

COBALTO: Elemento metálico duro, magnético, de color blanco plateado, se obtiene por reducción del óxido con carbono o aluminio, forma importantes aleaciones inoxidables, susceptibles de gran pulimento.

COBRE: Elemento metálico de color rojizo brillante, muy maleable y dúctil, gran conductor de la electricidad y el calor. Expuesto al aire húmedo se recubre de una película verde de carbonado, muy venenoso. Resiste a los ácidos diluidos y no lo corroe el agua salada, aleado con el estaño forma el bronce y con el zinc el latón. Su principal utilidad es para alambres y cables eléctricos.

CROMO: Elemento metálico de color gris argentino, duro y quebradizo, muy resistente a la oxidación, es muy importante su mineral cromita. Resistente a la corrosión y susceptible al alto pulimento. Por lo cual se usa para cromar objetos metálicos. En aleación de acero inoxidable y otros productos que se usan en la fabricación de herramientas de corte, alambre para resistencias eléctricas.

ESTAÑO: Elemento metálico de color blanco argentino. Hay dos formas alotrópicas del estaño: gris quebradizo; se convierte lentamente en polvo a temperatura inferior a 18°C., y el blanco; blando maleable, poco más duro que el plomo. Resiste la oxidación y se usa para cubrir otros materiales.

GALIO: Elemento metálico de color blanco azulado, permanece en estado líquido a temperatura ordinaria. Por su alto punto de ebullición y su bajo punto de fusión se usa para termómetros.

GERMANIO: Elemento metálico raro, quebradizo de color gris, tiene algunas propiedades que no son metálicas. Mal conductor de la electricidad, en aleación con pequeñas cantidades de otros elementos (como arsénico y boro), permite el paso de una corriente solamente en un sentido, o sea que se convierte en un rectificador por lo cual se emplea en el transistor, se encuentra en minerales sulfurosos de zinc, plata, cobre y tiene una semejanza con el carbono, el silicio, el estaño y el plomo.

HIERRO: Elemento metálico dúctil, maleable y muy tenaz, de color gris azulado, se oxida fácilmente, es el metal más empleado en la industria y se obtiene por reducción de sus minerales con carbón. El hierro se conoce desde la prehistoria y su metalurgia marca una etapa importante en la historia de la civilización.

MAGNESIO: Elemento metálico muy ligero de color blanco argentino, dúctil y maleable, siendo más ligero que el aluminio, tiene muchas aplicaciones en la construcción de aviones y otros aparatos. Se obtiene por electrólisis del óxido de magnesio y se obtiene también del agua del mar. Se emplea en aleaciones con aluminio y cobre.

MERCURIO: Elemento metálico líquido muy pesado de color blanco brillante, se usa en termómetros, barómetros y otros aparatos científicos, forma aleaciones llamadas amalgamas con casi todos los metales y por eso sirve para la extracción del oro, la plata, para empastes dentales, etc.

NIQUEL: Elemento metálico de color blanco argentino, es duro, dúctil y maleable, menos magnético que el hierro, pero más resistente a los agentes químicos, se emplea en galvanoplastia y en aleaciones para dar a otros metales dureza, ductibilidad y resistencia contra la corrosión.

ORO: Elemento metálico de color amarillo y hermoso brillo, es muy dúctil y maleable, es buen conductor de la electricidad, poco activo, químicamente inatacable por el aire o los ácidos y sólo se disuelve en agua regia y en soluciones de cianuros de potasio y sodio, se usa en joyería, odontología y para hacer algunas monedas e instrumentos. Como es muy blando se le da dureza ligándolo con cobre o zinc.

PLATA: Elemento metálico de color blanco brillante muy maleable, dúctil y gran conductor del calor y la electricidad, se utiliza en aleaciones en la acuñación de moneda, cubiertos de mesa, objetos ornamentales.

PLATINO: Elemento metálico de color blanco gris muy denso, dúctil y maleable, se encuentra nativo y aleado con el hierro, el cobre y otros metales de su grupo. Difícilmente fusible e inatacable por los ácidos, excepto el agua regia. Se emplea en aleaciones para utensilios de laboratorio, electrodos, aparatos físicos de precisión, joyería y odontología.

PLOMO: Elemento metálico pesado, dúctil y maleable, blando que se corta y lamina fácilmente, es de color gris plateado, se oscurece expuesto al aire. Se usa para envoltura de cables eléctricos, baterías de acumuladores, cubetas de laboratorios, cámaras para preparar ácido sulfúrico y muchas aleaciones. Lo atacan los ácidos formando sales de plomo, todas venenosas que se usan en la industria de las pinturas, gasolina y aceites.

POLONIO: Elemento radioactivo, es muy peligroso porque emite partículas alfa, pero se usa en la industria papelería y en la fabricación de plásticos y fibras sintéticas.

POTASIO: Elemento químico de color argentino, más blando que la cera, muy fusible y alterable al aire, menos pesado que el agua. Los compuestos del potasio se destinan a abonos y en forma de sulfato. El carbonato se usa en grandes cantidades para la fabricación del vidrio.

SELENIO: Elemento no metálico que se presenta alotrópicamente en forma de polvo pardo rojizo. El selenio metálico se usa en células fotoeléctricas, por la propiedad de aumentar su conductividad con la luz, sus otras formas se emplean para fabricar vidrio rojo, para decolorar, vidrio verde y para aumentar la resistencia del caucho vulcanizado.

SILICIO: Elemento no metálico que se presenta en dos formas alotrópicas, amorfa y cristalizada, en sus propiedades químicas se parece al carbono, su uso es muy importante en la industria del acero.

SODIO: Elemento metálico de color argentino, blando como la cera, muy alterable al aire, no se encuentra libre en la naturaleza, sino en forma de bromuro, cloruro, yoduro, en el agua de mar y en muchos yacimientos salinos naturales.

ACERO: Aleación de hierro y carbono con pequeñas cantidades de otros elementos que adquieren por el temple gran resistencia y elasticidad. Con manganeso se forma una aleación muy dura utilizada en maquinaria pesada como trituradoras de roca, blindajes, etc. Con tungsteno y cromo retiene su dureza a temperaturas altas y es por ello útil para herramientas de alta velocidad, hay otras variedades como molibdeno, níquel, cobalto. Para aplicaciones específicas en construcción de maquinaria-herramienta, armas y blindajes, aparatos eléctricos, etc. El acero inoxidable lleva níquel y cromo, es excelente para cuchillería y otros usos en que la dureza es menos importante que la resistencia a la herrumbre.

YODO: Elemento no metálico, sólido de textura laminosa, color gris negruzco y brillo metálico, se emplea extensamente en la medicina.

ZINC: Elemento metálico de color blanco azulado, dúctil y maleable, tiene muchas aplicaciones industriales, se utiliza para proteger el hierro contra la corrosión y es componente del latón, bronce y otras aleaciones.

METALES FERROSOS Y NO FERROSOS

Los metales ferrosos son los que tienen aleación de hierro.

Los metales no ferrosos no contienen esa mezcla de hierro, pero sí pueden tener la de otro mineral.

METALES NO FERROSOS

BRONCE: Cuerpo metálico que resulta de la aleación del cobre con el estaño y a menudo con otros elementos como el fósforo, zinc, etc. que varían según la finalidad a que se destinen. Los broncees son aleaciones que se obtienen por fusión previa del cobre, al que se adiciona estaño y la superficie del baño se protege de la oxidación con carbón vegetal y con la adición antes de la colada, de un desoxidante. El moldeo de los broncees casi siempre es en moldes de arena. Los broncees brutos de colada presentan a menudo una estructura heterogénea, por lo que debe practicarse un recocido de homogenización. Los lingotes de bronce pueden transformarse por forja, laminación o estirado en frío, cuando el

porcentaje de su contenido en estaño es inferior al 10%. Con porcentajes superiores los broncees deben trabajarse en caliente, en la fase maleable.

Los broncees se clasifican en: broncees ordinarios, broncees especiales, broncees al zinc, broncees al plomo, broncees fosforosos, broncees ordinarios al zinc y al plomo, broncees de fricción, broncees de arte y bronce de cañones. El bronce se utiliza mucho en la fabricación de piezas de arte.

PLOMO: Es un metal pesado, dúctil, maleable, blando, fusible, de color gris azulado y que con los ácidos forma sales venenosas.

El plomo es un metal conocido desde la antigüedad. Se usa en Babilonia para la construcción y en Roma para las conducciones de agua. Los Alquimistas lo llamaron Saturno, de aquí el nombre de saturnismo aplicado a la enfermedad que ocasionan sus compuestos. Actualmente ocupa el quinto lugar en cuanto a tonelaje entre todos los metales usados en la industria.

La industria de acumuladores eléctricos absorbe la tercera parte de la producción mundial. Se utiliza el plomo en forma de láminas para revestimientos, debido a su resistencia a la corrosión. Hilos o láminas son empleados en fusibles de seguridad en electricidad o máquinas de vapor. Se utiliza asimismo para protección en instalaciones de rayos X. Tiene mucha aplicación en pinturas, y cada vez más menos como materia aislante de ruidos y vibraciones.

COBRE: Metal de color pardo rojizo. Las principales propiedades del cobre puro a las que se subordinan sus aplicaciones industriales son:

La mejor conductibilidad eléctrica entre los metales industriales (igual al 95% de la plata, el metal más conductor): cables e hilos conductores, aparatos eléctricos (motores, interruptores, contactos, etc.)

Excelente conductibilidad térmica: calderas, alambiques, enseres de cocina, intercambiadores, etc.

Satisfactoria resistencia a la corrosión atmosférica: canalizaciones, techumbres (formación de cardenillo).

El cobre puro se emplea principalmente en la industria eléctrica, pero a fin de mejorar ciertas características (resistencia a la tracción, a la fatiga, dureza, facilidad de mecanizado, elevación de temperatura de recristalización, mayor resistencia a la corrosión), se adicionan ciertos

elementos en reducida proporción, para conservar una elevada conductibilidad.

Las diferentes variedades de cobre empleadas industrialmente son las siguientes: cobre ordinario para todas las aplicaciones corrientes que no exigen alta conductibilidad (tuberías de canalización, cubiertas de tejado), cobre desoxidado, generalmente al fósforo, que se reserva para canalizaciones u otras aplicaciones que requieren soldadura (el fósforo le da buenas cualidades de desoxidación, pero rebaja su conductibilidad), cobre electrolítico, proveniente del afinado de cátodos fundidos, utilizado por su conductibilidad y su pureza (elaboración de aleaciones de elevada pureza).

ALUMINIO: Metal blanco y ligero y es el más empleado después del hierro. La industria aeronáutica debe su desarrollo a las aleaciones ligeras, que sin perjuicio del empleo de ciertas cantidades de titanio y de determinados aceros especiales, son básicas para la construcción de aviones sónicos y supersónicos. No obstante los progresos realizados por la industria del aluminio se deben en gran parte a los trabajos realizados a mejorar el rendimiento de los aviones.

La industria del automovilismo es la que más utiliza aluminio por su ligereza (pistones, cárteres, puente posterior y carrocería), de su buena conducción térmica (bloques y culatas) y de sus posibilidades decorativas (rejillas, cercos de faros, empuñaduras). La industria eléctrica hace gran uso del aluminio, cuya conductibilidad es igual al 62% de la del cobre, con una densidad tres veces menor, así un conductor de aluminio es 2 veces más ligero y menos costoso que un conductor equivalente de cobre. Se hacen con aluminio todas las líneas aéreas (cables aluminio, acero o cable homogéneos de aleación aluminio magnesio silicio), barras de conexión, cables aislados, bobinados, etc., también se usa en lugar del plomo para enfundado de cables armados. El aluminio es un excelente material de envoltorio por su inocuidad, impermeabilidad y opacidad a los rayos ultravioletas. La construcción emplea cada vez más el aluminio para techumbres, revestimientos de fachadas, elementos estructurales, muebles metálicos. Se utiliza igualmente en la industria química y alimentaria, en fabricación de utensilios de cocina y aparatos electrodomésticos, en vehículos industriales (cisternas, chasis de camiones, semirremolques, vagonetas, carrocerías) en ferrocarriles, material para minas, en la marina, industria textil.

El aluminio refinado, cuyo bruñido se conserva después de anodizado, se utiliza para la fabricación de reflectores de alumbrado, en orfebrería y confecciones de artículos de joyería de fantasía.

METALES FERROSOS

HIERRO: Metal dúctil, maleable y tenaz, de color gris, de mucho uso en la industria y en las artes, principalmente en forma de aleaciones, aceros y fundiciones. El hierro es el elemento químico de número atómico 26 y peso atómico Fe 55,85. Es un sólido grisáceo de densidad 7,85, que funde hacia 1530°C y hierve más allá de 3200°C. Antes de fundir se ablanda y se vuelve pastoso, lo cual permite labrarlo. Es dúctil, maleable, duro y el más tenaz de los metales corrientes. Es también el principal de los metales magnéticos. El hierro puede unirse directamente a la mayor parte de los no metales.

Los tipos de hierro usados industrialmente se clasifican en: hierro pudelado, hierro forjado, hierro dulce, hierro electrolítico, hierro aluminotérmico, hierro carbinilo, hierro reducido.

Características y aplicaciones de los hierros industriales: En estado bruto de forja o de laminación, el hierro puro industrial posee una resistencia a la tracción de 30 kg/mm², un límite de elasticidad de 20 kg/mm² y un alargamiento en la rotura de 25% aproximadamente. Sus propiedades de plasticidad, satisfactorias en frío, se alternan a veces en caliente, y el metal se torna quebradizo, presentando una fragilidad que dificulta su forjado. Esta fragilidad es debida a la presencia de azufre y oxígeno, se suprime adicionando manganeso. Resulta difícil delimitar las aplicaciones específicas de los hierros puros con reducido porcentaje de carbono. En función de sus posibilidades para la soldadura, forja estirado y trefilado, los hierros se emplean para la confección de chapas, pernos, alambres, tubos, etc. Sus propiedades magnéticas hacen que se utilicen, después de recocidos en equipos electromagnéticos, para constituir los núcleos de hierro dulce: piezas polares de electroimanes, planchas de máquinas eléctricas, núcleos de reveladoras, etc.

El hierro puro se emplea para la elaboración de aceros finos, aceros ordinarios y especiales, y como materia prima de la fusión en crisol.

El polvo de hierro, reducido o electrolítico, se utiliza industrialmente, ya sea en pulvimetalurgia, para fabricar piezas porosas por sinterización, ya

para constituir revestimientos de electrodos para soldadura y corte autógeno.

ACERO: Aleación de hierro y carbono conteniendo menos de 1.8% de carbono, susceptible de adquirir propiedades muy variadas mediante tratamiento mecánico y térmico. Actualmente el acero se obtiene a partir de hierro líquido, descarburándolo y regulando al mismo tiempo su contenido en azufre, fósforo y otros elementos. Anteriormente el acero se obtenía directamente del mineral del hierro. Para ello, éste se reducía con carbón vegetal formando fundición, la cual, en la parte más caliente del horno, se transformaba en acero. La clasificación de los aceros es: Acero al crisol, acero fundido, acero calmado, acero efervescente, acero fritado, acero moldeado, acero laminado, forjado, estirado, desbastado, trefilado, matrizado, etc.

Según los usos a que se destinan son: acero para imanes o magnéticos, acero autotemplado, acero de construcción, acero de corte rápido, acero de decoletado, acero de corte, acero indeformable, acero inoxidable, acero martencítico, aceros ferríticos, acero de herramientas, acero para muelles, acero refractario, acero de rodamiento.

NIQUEL: En realidad el níquel no se encuentra en la naturaleza como un metal puro nativamente, es decir, que se le encuentra conteniendo porciones de diversos otros minerales como el fierro o cobalto. Otras veces se le encuentra en la naturaleza combinado con el arsénico o el azufre.

Propiedades.- El níquel es un metal de color blanco con tono amarillento muy brillante y muy duro. Es muy dúctil, fácil de pulimentar y bastante soldable. Es un poco menos magnético que el hierro. Cuando es puro se puede laminar a medio milímetro de espesor. Es inalterable al aire y en el gas carbónico.

Aleaciones.- Se puede mezclar y combinar con otros metales, como por ejemplo el hierro-níquel. O bien, el acero-níquel que es tenaz, sólido y muy duro. En cuanto a las aleaciones de cobre y níquel, son dúctiles y se utilizan esas aleaciones especialmente para fabricación de monedas.

Obtención.- Se obtiene el níquel por el procedimiento del "mond" en donde se parte del producto tostado y se le trata con ácido sulfúrico, luego se le reduce con hidrógeno, gas y agua a 250°C.

En otra torre, se le trata con óxido de carbono a 50°C, los vapores resultantes se pasan a una tercera torre donde se descomponen a 180°C. El níquel se obtiene en forma de granitos con una pureza de 99.5%.

Niquelado.- Consiste en recubrir cualquier objeto con una capa de níquel. La operación se lleva a cabo por medio de la electrólisis depositándose el níquel en el cátodo. Los objetos a ser niquelados generalmente son de cobre, latón, hierro, bronce, etc. El niquelado se utiliza para aparatos industriales, partes de máquinas, cerraduras, llaves, cadena, estufas, instrumentos de cirugía, armas, utensilios domésticos, etc. Al proceso anterior se le llama galvanoplastia.

Usos.- Principalmente el níquel, se utiliza para la fabricación de monedas en base a la aleación que se hace con el cobre llamada cuproníquel. Antiguamente se utilizaba para la fabricación de espuelas. Con ciertas otras aleaciones se le utiliza para la fabricación de instrumentos matemáticos y algunos instrumentos musicales. El níquel es un excelente metal de cojinetes. También se le aplica para fabricar cierta cuchillería llamada Christofle.

LATON: El latón es una aleación de cobre y zinc. Si bien el latón comercial contiene otros metales como ciertas cantidades de hierro, estaño, plomo, arsénico, todos ellos procedentes de los minerales de donde se obtuvo el latón original. También pueden haber sido añadidos a propósito para dar al material ciertas otras características especiales o cambiarles propiedades.

Proporciones.- Las proporciones de la mezcla pueden ser muchísimas. Si en la mezcla predomina el cobre, el latón será de color más rojo y de características más maleables. Si, al contrario, la proporción de zinc es la que predomina, el color de la mezcla será más claro y la aleación más fusible, más dura y menos tenaz.

El trabajo del latón puede hacerse en frío o en caliente indistintamente. El latón difiere del acero en cuanto que éste aumenta su dureza al templarse. El latón en cambio, pierde su dureza en el templado. Sometido a golpes se hace frágil. Se le solda con plata o bien con estaño.

Fabricación.- Se obtiene siempre por fusión y mezcla directa de los materiales. Generalmente se le trabaja en el torno. En la fabricación de

planchas es necesario recogerlo en moldes donde se le deja enfriar muy lentamente. Se lamina en caliente, se trabaja en el torno, a mano, con máquinas, lim etc.

Usos.- Se le utiliza para la fabricación de los cartuchos de todo tipo de armas de fuego, también en la fabricación de botones, para la fabricación de camas y cunas, artesanías, objetos de arte y decorativos, chapetones, etc. Algunos latones se utilizan para las cubiertas de algunos barcos pequeños. Otros usos son los que le dan para fabricar bicicletas, tornillos, válvulas, bombas, hélices, cadenas y otros objetos.

INSTRUMENTOS DE TRAZADO.

GENERALIDADES:

Un órgano de máquina puede ser de las siguientes formas:

- a) *Fundido* (hierro, acero, bronce, latón, aleaciones ligeras, aleaciones ultraligeras).
- b) *Forjado* (acero, duraluminio, bronce de aluminio).
- c) *Batido* (acero, latón, cobre, aleaciones ligeras).
- d) *Mecanizado o maquinado*; es decir, deducido de un trozo de metal que ha sufrido un proceso de trabajo hasta llegar a obtener las cotas definitivas.

Excepcionalmente, las piezas u órganos de máquina se utilizan directamente en bruto, sin trabajos posteriores.

En la mayoría de los casos, el órgano en bruto necesita un trabajo suplementario, parcial o total, realizado manualmente o mecánicamente.

Por consiguiente, es indispensable dejar algo de exceso de material.

El fundidor o el forjador y el calderero prevee en sitios definidos los espesores de material. Es evidente que la misma regla se impone cuando la pieza a obtener se deduce de un sólido geométrico.

El obrero, por consiguiente, está en la obligación de acudir al dibujo de la pieza, el cual llevará indicado, entre otras cosas, la indicación de las partes a trabajar con las dimensiones definitivas.

Después de la lectura de los dibujos realizará sobre la pieza bruta los trazos necesarios para limitar las partes de material a rebajar.

Este es el objeto del trazo, el cual consiste en lo siguiente:

- 1.- En reproducir parcial o totalmente las líneas de trazos de dibujo de una pieza definida sobre el elemento bruto.
- 2.- Al delimitar los superespesores de material a quitar en el mecanizado.
- 3.- En guiar al obrero durante el desbaste, evitándole la verificación de estos superespesores.

A pesar del cuidado que tenga al efectuar las líneas de trazado sobre la pieza, no se podrá obtener precisión al final del trabajo mientras no hagamos la última verificación con instrumentos de medida o de verificación.

El trazado es una operación importante, larga y minuciosa; por consiguiente, de precio de costo elevado, que por economía hay que evitar siempre que sea posible.

Esto se consigue en la fabricación en serie. Por el contrario, todas las piezas de estudio, ensayos profesionales, etc. deben ser trazadas.

SISTEMA DE TRAZADO:

Distinguiremos dos principales sistemas de trazado:

- 1.- Trazado en un mismo plano.**
- 2.- Trazado al aire.**

Trazado en un mismo plano:

Es la reproducción parcial o total del dibujo, puesto que todos los elementos a trazar están comprendidos sobre una misma cara o plano de la pieza.

Generalmente se hace esta clase de trazado en todas las piezas de poco espesor o donde el espesor no influye en el mecanizado.

Se procede de igual forma que si se tratase de un dibujo sobre papel.

Trazado al aire:

Es la reproducción parcial o total del dibujo hecho sobre varias caras de la pieza, generalmente situadas en los tres planos principales perpendiculares entre sí, y a veces en planos oblicuos.

Se trazan al aire las piezas llamadas SOLIDOS GEOMETRICOS, en las que la longitud, anchura y espesor se deducen de las líneas de trazado.

Durante el trazado al aire, las piezas pueden apoyarse en el mármol sucesivamente en sus d.ferentes planos, o bien, fijarse por medio de soportes (escuadras de trazado).

INSTRUMENTOS DE TRAZADO.

Los instrumentos, accesorios y materias diversas utilizadas en el trazado se pueden clasificar en 5 categorías:

- a) Soportes
- b) Guías
- c) Instrumentos de medida

d) Instrumentos de trazado

e) Barnices de trazar

a) *SOPORTES.*

1.- Mármoles de trabajo

2.- Escuadras de trazado

3.- Cubos de trazado

4.- Ves

5.- Gatos

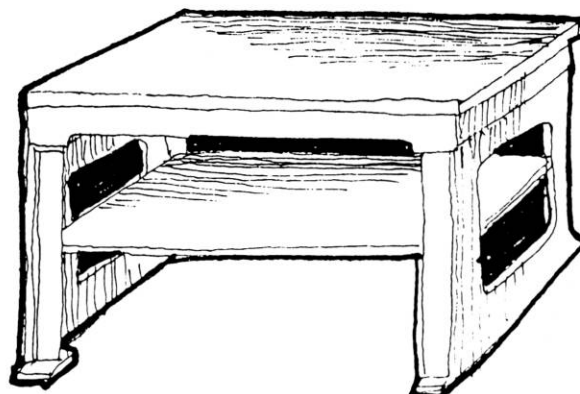
6.- Calas fijas y reglables

1.- **MARMOLES.** Todas las operaciones de trazado, se hacen generalmente sobre un mármol.

Un mármol de trazar, está constituido por una mesa de fundición, rectangular que a veces tiene varios metros de longitud. La parte superior está perfectamente cepillada.

Descansa sobre dos piezas de fundición, entre las cuales se pueden colocar estantes destinados a depositar los útiles de trazado propiamente dichos y sus accesorios.

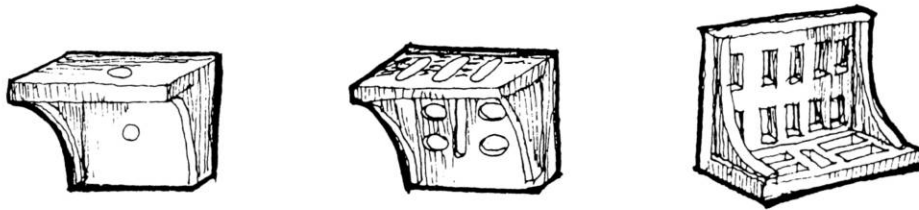
La superficie cepillada de esta mesa soporta las piezas a trazar, constituye el plano de referencia sobre el cual el obrero desplaza los útiles de trazado: gramiles, reglas graduadas, cubos de trazado, ves, escuadras de trazado, etc.



2.- ESCUADRAS DE TRAZADO. Se hacen de fundición gris, y están provistas de fuertes nervaduras.

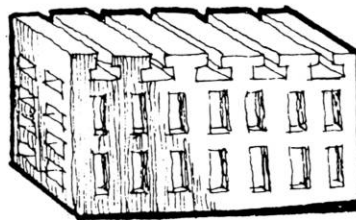
Sus caras exteriores y sus cantos están perfectamente rectos y a escuadra.

Pueden ser fijas, para el trazado al aire sobre dos planos horizontales, o desplazables, para el trazado al aire sobre planos oblicuos.



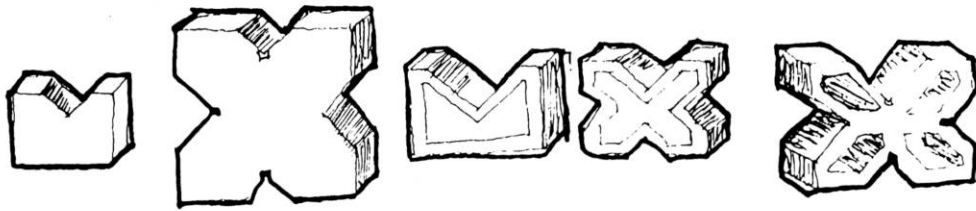
Las escuadras fijas llevan agujeros o luces, mientras que las escuadras desplazables llevan ranuras en forma de T para la colocación de bulones pasantes correspondientes a bridas de fijación de las piezas de trazar.

3.- CUBOS DE TRAZADO. Están formados por paralelepípedos o por cubos huecos hechos de fundición gris. Todas sus caras están cuidadosamente planas y a escuadra entre ellas. Se utilizan para el trazado al aire en los tres planos principales, pasando sucesivamente sobre sus diferentes caras.



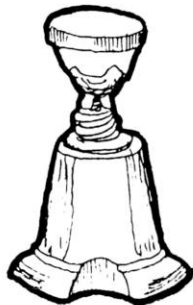
4.- VES. Son de fundición gris, perfectamente calibradas mediante cepillado, limado y rasqueteado, ejecutados generalmente por parejas.

Se llaman simples cuando ya no tienen más que un entrante o degolladora a 90°, y múltiples cuando tienen varios entrantes a 90° de profundidad diferente.



5.- GATOS. Estos instrumentos sirven para soportar las piezas en bruto, presentando generalmente, partes de altura variable.

Se utilizan en el trazado y mecanizado de piezas. Tienen corrientes de tornillo y una cabeza inclinable sobre rótula.



6.- CALAS FIJAS Y REGLABLES. Las calas fijas están constituidas por bloques de fundición gris, cepillados y planificados. Están destinados a soportar las piezas o partes de piezas de diferentes alturas.

Las calas reglables sirven para soportar las piezas de alturas variables sobre sus bases generalmente mecanizadas.

b) *GUIAS.*

Las principales son:

- 1.- Reglas
- 2.- Escuadras
- 3.- Niveles
- 4.- Plomadas
- 5.- Machos

1.- REGLAS. Para el trazado sobre un plano se utilizan corrientemente la regla graduada flexible de pequeño tamaño, la cual desempeña buen papel en el marcado de trazos rectilíneos de longitud reducida. Para trazos muy separados, se utiliza la regla de sección rectangular, de mayor tamaño.

2.- ESCUADRAS. Se utilizan para el trazado todas las escuadras en la verificación de piezas.

Las escuadras simples se apoyan, generalmente, sobre la regla, mientras que las escuadras de tacón y falsas escuadras simples o combinaciones, se apoyan sobre una cara plana de la pieza.

3.- NIVELES DE BURBUJA DE AIRE. En general, se utilizan para asegurar la horizontalidad de la pieza a trazar.

Se utilizan preferentemente en el trazado de piezas grandes. Para que las indicaciones del nivel sean correctas, es preciso que la cara de mármol de trazado sea rigurosamente plana.

Los niveles de cuadro, o niveles de escuadra, permiten asegurar la horizontabilidad y verticalidad.

4.- PLOMADAS. Se utilizan para asegurar la verticalidad cuando no es posible emplear un nivel de cuadro.

Se emplean muy raramente en el trazado, salvo en los casos de piezas de grandes dimensiones.

5.- MACHOS. Ciertas piezas de máquina llevan agujeros sin mecanizar cuando salen de la fundición, y otras tienen que sufrir un taladrado previo.

En estos casos, para hacer el trazado de ejes y líneas se recurre al procedimiento de rellenar o tapar el taladro mediante una pieza-tapón, que llamaremos macho.

Los machos se hacen de plomo duro, en madera dura, y a veces en acero dulce, cobre o aluminio. Se introducen en el agujero a fuerza, ligeramente, de martillo.

c) INSTRUMENTO DE MEDIDA PARA EL TRAZO.

De una manera general, diremos que para el trazo se utilizan los mismos instrumentos empleados para la lectura de dimensiones de piezas. Estos son:

- 1.- Metros metálicos
- 2.- Regletas y reglas graduadas
- 3.- Calibres pie de rey
- 4.- Transportadores de ángulos

d) INSTRUMENTOS DE TRAZADO.

Para el trazado se emplean los siguientes instrumentos:

- 1.- Puntas de trazar

2.- Gramiles

3.- Compases de puntas

4.- Compases de varas

5.- Granetes

1.- *PUNTAS DE TRAZAR*. Es el lápiz del ajustador. Consta de una varilla de acero fundido, templado en sus dos extremos terminados en punta, uno de los cuales está doblado a 90° para facilitar ciertos trazos.

BIBLIOGRAFIA

- DELMAR, MANUALES
Tratamiento Térmico de los Metales

- DANOWSKY
Manual Práctico de Tecnología

- ESCUELA DE TRABAJO HENRY FORD
Teoría del Taller

- TRATAMIENTO TERMICO DE LOS METALES TN 672
Manuales Delmar, Ed. REVERTE, 1968 T7.18

- HEAT TREATMENT OF ENGINEERING COMPONENTS TN 672
The Iron and Steel Institute, Ed. LUND HUMPREES H7.3
Great Britain, 1970.

- DICCIONARIO ENCICLOPEDICO QUILLET
Cuarto Tomo
Editorial Arístides Quillet
Argentina

ANTONIO RAMOS CASCALES

Egresado de la Universidad Iberoamericana
1963-1968.

Labor Profesional:

- Impresos Automáticos de México (empaques)
- Ideal Standard, S.A. de C.V.
(muebles y accesorios de baño)
- Litográfica e Impresora Juventud, S.A. (libros)
- Banco Nacional de México
(elementos de diseño)
- Selecciones del Readers Digest México (cancelería)
- Zep Marvil Mexicana
(etiquetas, envases)
- Automex, S.A.
(cabinas de camión)
- Dina
(unidades contra incendio, autobuses, auto económico)
- American Express
(mobiliario)
- Vitro Fibras, S.A.
(carrocerías, lanchas)

Labor Académica:

Profesor investigador Universidad Autónoma Metropolitana desde hace 16 años.
Catedrático Universidad Anáhuac del Sur.
Catedrático Universidad Iberoamericana.
Cursos Diseño Industrial, Diseño Gráfico, Sociología, Psicología, Costos, Mercadotecnia, Legislación, Dibujo natural, Publicidad y Computación.

DR. GUSTAVO CHAPELA CASTAÑARES
Rector General UAM

DR. ENRIQUE FERNANDEZ FASSNACHT
Secretario General UAM

LIC. EDMUNDO JACOBO MOLINA
Rector UAM Azcapotzalco

MTRO. ADRIAN DE GARAY SANCHEZ
Secretario de la Unidad

M.D.I. EMILIO MARTINEZ DE VELASCO
Director de la División de CYAD

ARQ. ROSA ELENA ALVAREZ MARTINEZ
Jefa de Dpto. de Procesos y Técnicas de Realización